

CONSORZIO
DEL CANALE MILANO-CREMONA-PO

CANALE
MILANO - CREMONA - PO

III' TRONCO

da C.na BELVEDERE (pr. 7800,-) a C.na GEROLA (pr. 14618,-)

1' LOTTO

PONTE A TRE LUCI

Strada com.le CROTTA D'ADDA-ACQUANEGRA; Strada vicinale DELLA SCESA;

Strada vicinale DELLA TENCARA

IMPALCATO IN C.A.P.

RELAZIONE DI CALCOLO

opm. fine

All.n° 20		MILANO,	IMPRESA ING. LODIGIANI S.p.A.				
Coll. 362		28-8-1978	MILANO-ROMA				
AGGIORNAMENTI		DATA	DESCRIZIONE	VISTO	PROGETTO ESECUTIVO		
	a				Ufficio Progettazione <i>Giampaolo Di Costa</i> X (dott.ing. Lucio Casciati)		
	b						
	c						
	d					CALCOLATO	
	e					CONTROLLATO	

I N D I C E

A) CAMPATA CENTRALE da pag. 2 a pag. 33

B) CAMPATE LATERALI da pag. 34 a pag. 89

A) CAMPATA CENTRALE

CALCOLI DI STABILITA'1) CARATTERISTICHE GENERALI

- luce di calcolo m 28,40
- lunghezza travi m 28,84
- larghezza impalcato m 8,00
- interasse delle travi m 2,60
- n. 1 traverso intermedio

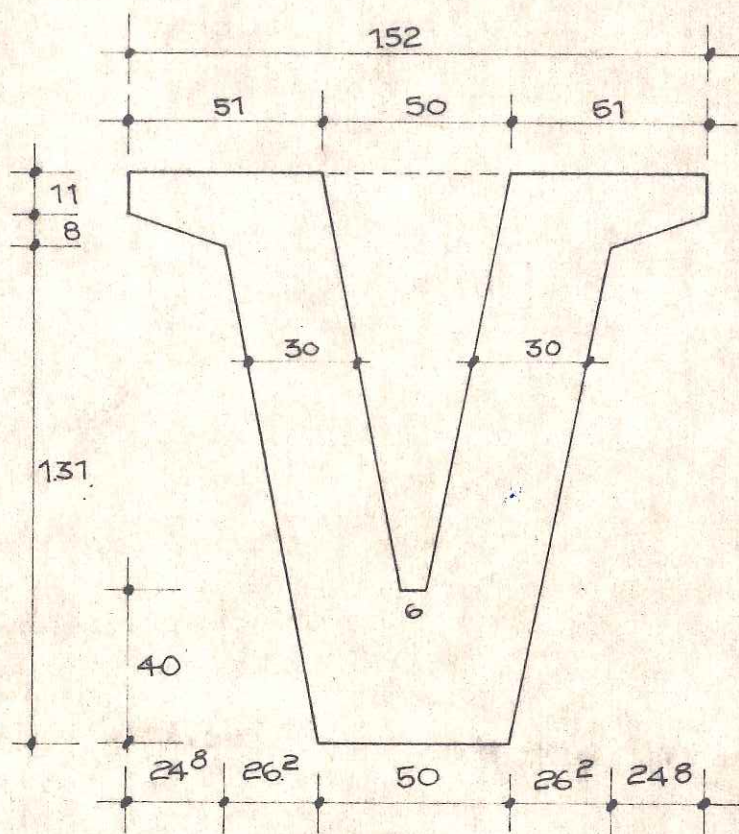
Le travi principali sono prefabbricate in c.a.p. e fili aderenti in n° di 3

Si impiegano travi tipo C.M.P. V A prodotte dalla CO.MA.PRE. di Pozzolo di Marmirolo (Mantova).-

2) CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA TRAVE

2.1) Sezione inizio setto di testata (sez. B)

2.1.1) Solo calcestruzzo



- Momento statico al lembo superiore: $S_s = 667.720 \text{ cm}^3$

- Area: $A = 9.591,8 \text{ cm}^2$

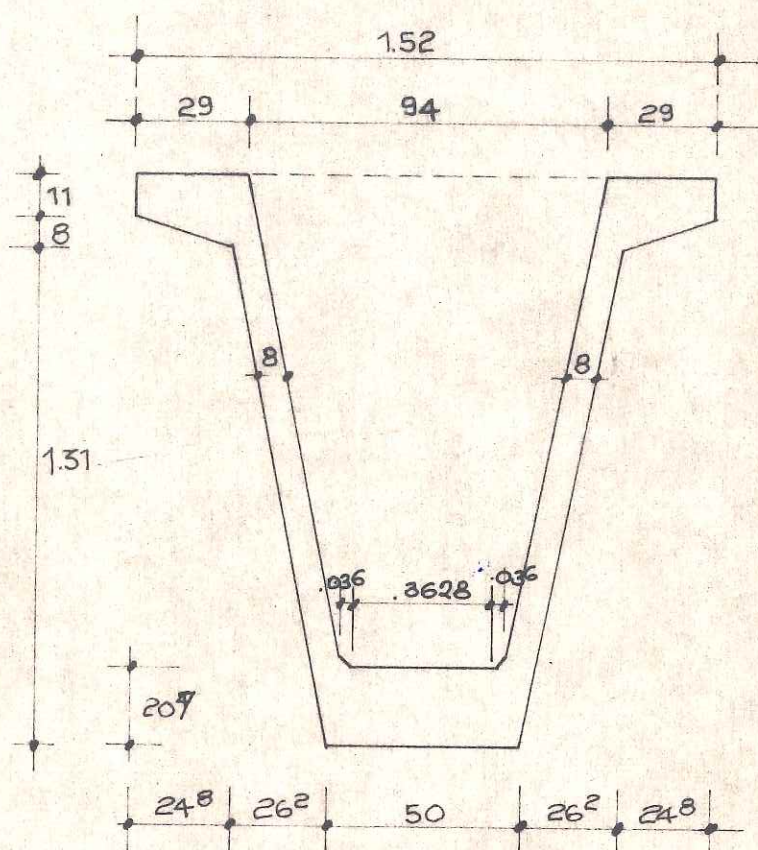
- Distanza del baricentro dal lembo superiore: $y_s = 69,61 \text{ cm}$

- Distanza del baricentro dal lembo inferiore: $y_i = 80,39 \text{ cm}$

- Momento d'inerzia: $J = 19.155.434 \text{ cm}^4$

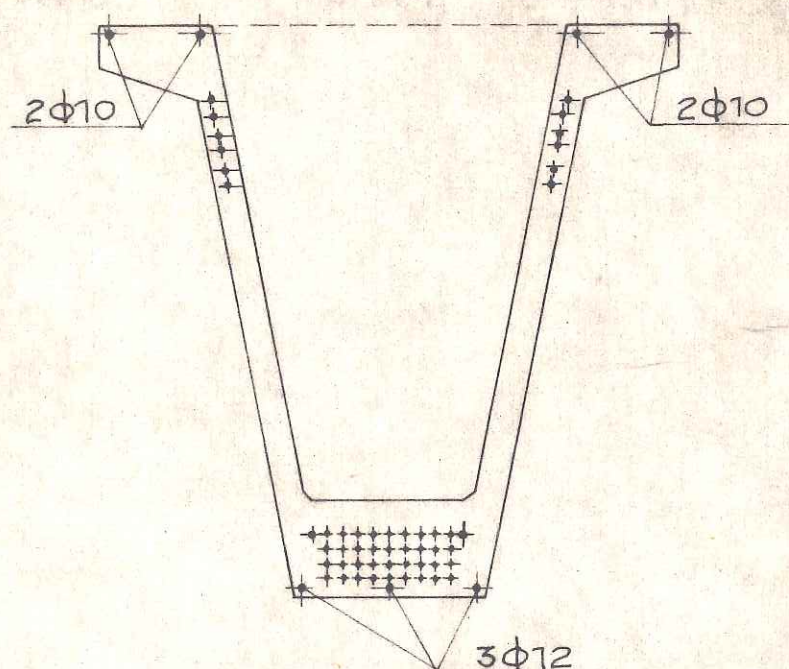
2.2) Sezione all' inizio del ringrosso (Sez.C)

2.2.1) Solo calcestruzzo



- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 296.367 \text{ cm}^3$
- Area : $A = 3.870,3 \text{ cm}^2$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 76,57 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 73,43 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia : $J = 10.851.773 \text{ cm}^4$

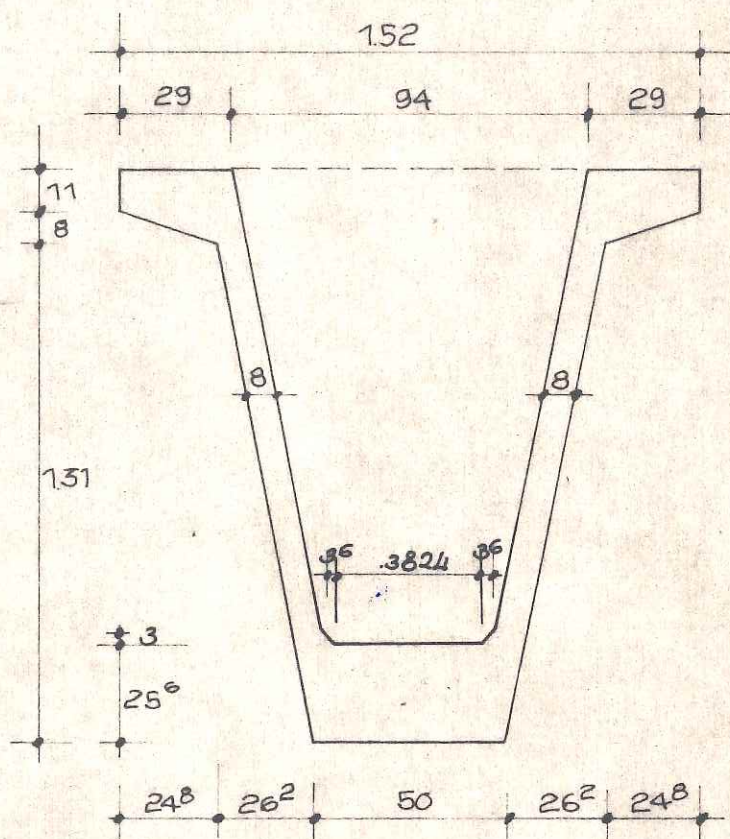
La trave e' armata con 50 trefoli $\phi 1/2''$



- Armatura pretesa $A_{pi} = 50$ trefoli $\phi 1/2'' = 46,45$ cmq
- Armatura ausiliaria superiore : $A_{as} = 4 \phi 10 = 3,14$ cmq
- Distanza di A_p dal lembo superiore : $d_p = 113,42$ cm
- Armatura ausiliaria inferiore : $A_{ai} = 3 \phi 12 = 3,39$ cmq
- Area ideale (con $n = 6$) = $A_i = 4.135,2$ cmq
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 325.247$ cm³
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 78,65$ cm
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 71,35$ cm
- Momento d'inerzia ideale : $J = 11.832.819$ cm⁴
- Modulo di resistenza superiore : $W_s = 150.443$ cm³
- Modulo di resistenza inferiore : $W_i = 165.850$ cm³
- S/Jb all'attacco anime superiore = 0,000372 -2
- S/Jb al baricentro trave + soletta = 0,000450 cm
- S/Jb al baricentro sola trave = 0,000534 -2
- S/Jb all'attacco anime inferiore = 0,000438 -2

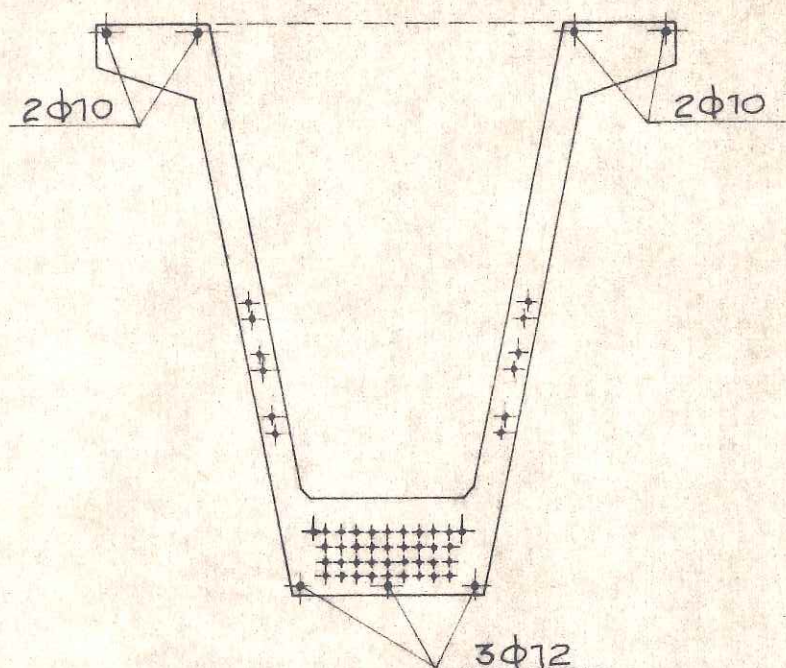
2.3) Sezione a 7,0 m. dalla mezzaria D

2.3.1) Solo calcestruzzo



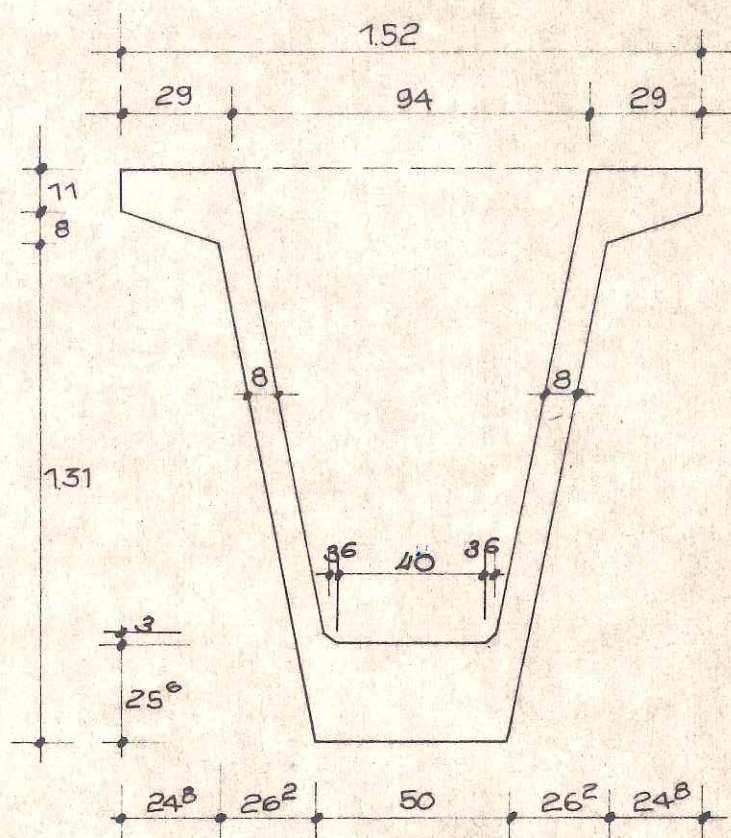
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 323.207 \text{ cm}^3$
- Area : $A = 4.082,3 \text{ cm}^2$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 79,17 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 70,83 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia : $J = 11.355.649 \text{ cm}^4$

La trave e' armata con 50 trefoli $\varnothing 1/2"$



- Armatura pretesa $A_{pi} = 50 \text{ trefoli } \varnothing 1/2" = 46,45 \text{ cmq}$
- Armatura ausiliaria superiore : $A_{as} = 4 \varnothing 10 = 3,14 \text{ cmq}$
- Distanza di A_p dal lembo superiore : $d_p = 127,80 \text{ cm}$
- Armatura ausiliaria inferiore : $A_{ai} = 3 \varnothing 12 = 3,39 \text{ cmq}$
- Area ideale (con $n = 6$) = $A_i = 4.347,2 \text{ cmq}$
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 355.427 \text{ cm}^3$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 81,76 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 68,24 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia ideale : $J = 12.160.379 \text{ cm}^4$
- Modulo di resistenza superiore : $W_s = 148.733 \text{ cm}^3$
- Modulo di resistenza inferiore : $W_i = 178.200 \text{ cm}^3$
- S/Jb all'attacco anime superiore = 0,000373 cm^{-2}
- S/Jb al baricentro trave + soletta = 0,000456 cm^{-2}
- S/Jb al baricentro sola trave = 0,000536 cm^{-2}
- S/Jb all'attacco anime inferiore = 0,000460 cm^{-2}

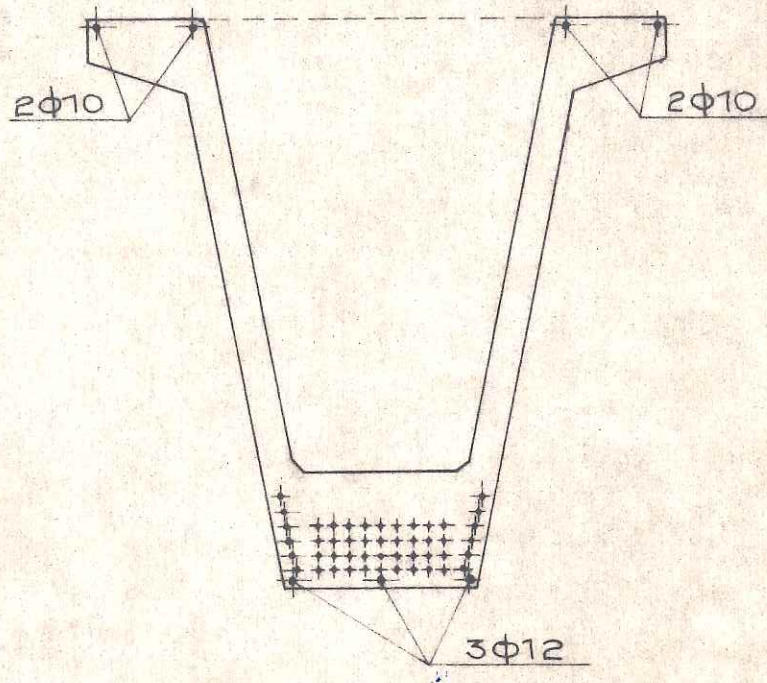
2.4) Sezione (M)

2.4.1) Solo calcestruzzo

- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 347.425 \text{ cm}^3$
- Area : $A = 4.280,8 \text{ cm}^2$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 81,16 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 68,84 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia : $J = 11.703.111 \text{ cm}^4$

2.4.2) Sezione ideale della trave

La trave e' armata con 50 trefoli $\varnothing 1/2"$



- Armatura pretesa $A_p = 50 \text{ trefoli } \varnothing 1/2" = 46,45 \text{ cmq}$
- Armatura ausiliaria superiore : $A_{as} = 4 \varnothing 10 = 3,14 \text{ cmq}$
- Distanza di A_p dal lembo superiore : $d_p = 138,8 \text{ cm}$
- armatura ausiliaria inferiore : $A_{ai} = 3 \varnothing 12 = 3,39 \text{ cmq}$
- Area ideale (con $n = 6$) = $A_i = 4.545,7 \text{ cmq}$
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 382.200 \text{ cm}^3$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 84,08 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 65,92 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia ideale : $J = 12.612.184 \text{ cm}^4$
- Modulo di resistenza superiore : $W_s = 150.003 \text{ cm}^3$
- Modulo di resistenza inferiore : $W_i = 191.324 \text{ cm}^3$
- S/Jb all'attacco anima superiore $= 0,000373 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb al baricentro trave + soletta $= 0,000465 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb al baricentro sola trave $= 0,000540 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all'attacco anime inferiore $= 0,000497 \text{ cm}^{-2}$

Nel calcolo delle caratteristiche geometriche della sezione composta si tiene conto della diversità dei moduli elastici fra la trave prefabbricata e la soletta gettata in opera.-

- si ammette

- per la trave $\sigma_{bR} \geq 550 \text{ kg/cm}^2$

- per la soletta $\sigma_{bR} \geq 400 \text{ kg/cm}^2$

- in particolare si avrà :

- modulo elastico della trave

$$E_t = 18.000 \sqrt{550} = 422.136 \text{ kg/cm}^2$$

- modulo elastico della soletta

$$E_s = 18.000 \sqrt{400} = 360.000 \text{ kg/cm}^2$$

- rapporti dei moduli elastici

$$E_s / E_t = 0,85$$

		SEZIONE C	SEZIONE D	SEZIONE M
Momento statico al lembo superiore soletta	S_s	441.759	476.193	506.938
Area della sezione composta	A_i	7.994,22	8.206,22	8.404,72
Distanza del baricentro dal lembo superiore soletta	y_o	55,26	58,03	60,32
Distanza del baricentro dal lembo superiore trave	y_s	35,26	38,03	40,32
Distanza del baricentro dal lembo inferiore trave	y_i	114,74	111,97	109,68
Momento d'inerzia della sezione composta	J_i	28.061.229	29.940.327	31.974.631
Modulo di resistenza al lembo superiore soletta	W_o	507.805	515.962	530.120
Modulo di resistenza al lembo superiore trave	W_s	795.842	787.319	793.104
Modulo di resistenza al lembo inferiore trave	W_i	244.563	267.392	291.515
Coefficiente di taglio all'attacco anima superiore	S_{as}/J_b	0,000460	0,000459	0,000451
Coefficiente di taglio al baricentro trave + soletta	S_g/J_b	0,000465	0,000465	0,000458
Coefficiente di taglio al baricentro s.l.a trave	S_g/J_b	0,000431	0,000431	0,000428
Coefficiente di taglio all'attacco anime inferiore	S_{ai}/J_b	0,000317	0,000334	0,000366

4) ANALISI DEI CARICHI PERMANENTI

4.1) Peso proprio trave

Carico equiripartito su tutta la trave

$$q_1 = 0,3870 \cdot 2.500 = 968 \text{ kg/ml.}$$

Carico ripartito con legge triangolare da ml. 1,36 dall'asse appoggio a ml. 11,14 dall'asse appoggio

$$q_{\max} = (0,4281 - 0,3870) \cdot 2.500 = 103 \text{ kg/m}$$

Carico equiripartito a cavallo della mezzaria per ml. 3,40

$$q_2 = (0,4281 - 0,3870) \cdot 2.500 = 103 \text{ kg/m}$$

Carico concentrato a m. 0,94 dall'asse appoggio (accordo per il ringrosso di testata fra le sezioni B e C)

$$P_1 = (0,9592 - 0,3870) \cdot (0,60 + 0,66) \cdot 0,5 \cdot 2.500 \cdot 0,5 = 451 \text{ kg}$$

Carico concentrato a m. 0,50 dall'asse appoggio (setto di testata)

$$P_2 = [(0,4348 + 0,94) \cdot 0,5 \cdot 1,263 + (0,4348 + 0,3628) \cdot 0,5 \cdot 0,03] \cdot (0,43 + 0,49) \cdot 0,5 \cdot 2.500 = 1.012 \text{ kg}$$

Carico concentrato a m. 0,0175 dall'asse appoggio (sella Gerber)

$$P_3 = (0,55 \cdot 0,20 + 0,957 \cdot 0,335 + 1,272 \cdot 0,08 + 1,52 \cdot 0,11 - 0,3870) \cdot (0,46 + 0,49) \cdot 0,5 \cdot 2.500 = 371 \text{ kg}$$

Carico concentrato a m. 7,2 dall'asse appoggio (setto intermedio)

$$P_4 = [(0,4544 + 0,94) \cdot 0,5 \cdot 1,214 - (0,4544 + 0,3824) \cdot 0,5 \cdot 0,003] \cdot (0,08 + 0,15) \cdot 0,5 \cdot 2.500 = 247 \text{ kg}$$

Carico concentrato in mezzaria (setto centrale)

$$P_5 = (0,472 + 0,94) \cdot 0,5 \cdot 1,17 + (0,40 + 0,472) \cdot 0,5 \cdot 0,03 \cdot (0,18 + 0,25) \cdot 0,5 \cdot 2.500 = 451 \text{ kg}$$

4.2) Peso della soletta

$$p_s = 2,60 \cdot 0,20 \cdot 2.500 = 1.300 \text{ kg/m}$$

4.3) Peso dei traversi

Traversi intermedi

Trave centrale

$$P_t = [1,08 \cdot 0,11 + 1,328 \cdot 0,08 + 1,788 \cdot 1,06] \cdot 0,25 \cdot 2.500 =$$

$$= 1.325 \text{ kg}$$

Trave laterale

$$P'_t = 1.325 / 2 = 663 \text{ kg}$$

Traversi di testata

Trave centrale

$$P_t = [1,08 \cdot 0,11 + 1,328 \cdot 0,08 + 1,643 \cdot 0,335] \cdot 0,475 \cdot 2.500 =$$

$$= 921 \text{ kg}$$

Trave laterale

$$P'_t = 921 / 2 = 460 \text{ kg}$$

4.4) Peso della pavimentazione e finiture

$$P_p = (6 \cdot 220 + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,20 \cdot 2.500 + 60) / 3 = 660 \text{ kg/m}$$

5) CARICHI ACCIDENTALI

Si considerano i carichi previsti dalla circolare del Ministero dei LL.PP. n. 384 del 14/2/1962.-

Si calcolerà la ripartizione trasversale mediante il metodo di Massonnet-Guyon.-

Si calcolano di seguito i vari parametri con i noti simbolismi :

- semilarghezza impalcato	$b = 390$	cm
- interasse travi	$b_1 = 260$	cm
- luce teorica	$L = 2.840$	cm
- interasse traversi	$a = 1.420$	cm
- momento di inerzia flessionale trave	$J_P = 29.129.241$	cm ⁴
- momento di inerzia flessionale traverso	$J_E = 11.056.250$	cm ⁴
- momento di inerzia torsionale trave	$Y_P = 11.853.068$	cm ⁴
- momento di inerzia torsionale traverso	$Y_E = 838.110$	cm ⁴
- momento di inerzia flessionale unitario trave	$q_P = 112.036$	cm ⁴ /m
- momento di inerzia flessionale unitario traverso	$q_E = 7.786$	cm ⁴ /m
- rigidezza torsionale unitaria trave	$\gamma_P = 19.831$	cm ⁴ /m
- rigidezza torsionale unitaria traverso	$\gamma_E = 257$	cm ⁴ /m

- parametro di torsione $\alpha = \frac{\gamma_P + \gamma_E}{2} \sqrt{\frac{q_P}{q_E}} \quad \alpha = 0,34$

- valore di $\sqrt{\alpha} = 0,58$

- parametro flessionale $\vartheta = \sqrt[4]{\frac{q_P}{q_E} \cdot b/L} = 0,27$

5) CARICHI ACCIDENTALI

Si considerano i carichi previsti dalla circolare del Ministero dei LL.PP. n. 384 del 14/2/1962.-

Si calcolerà la ripartizione trasversale mediante il metodo di Massonnet-Guyon.-

Si calcolano di seguito i vari parametri con i noti simbolismi :

- semilarghezza impalcato	$b =$	390	cm
- interasse travi	$b_1 =$	260	cm
- luce teorica	$L =$	2.840	cm
- interasse traversi	$a =$	1.420	cm
- momento di inerzia flessionale trave	$J_P =$	29.129.241	cm ⁴
- momento di inerzia flessionale traverso	$J_E =$	11.056.250	cm ⁴
- momento di inerzia torsionale trave	$Y_P =$	11.853.068	cm ⁴
- momento di inerzia torsionale traverso	$Y_E =$	838.110	cm ⁴
- momento di inerzia flessionale unitario trave	$Q_P =$	112.036	cm ⁴ /m
- momento di inerzia flessionale unitario traverso	$Q_E =$	7.786	cm ⁴ /m
- rigidezza torsionale unitaria trave	$\gamma_P =$	19.831	cm ⁴ /m
- rigidezza torsionale unitaria traverso	$\gamma_E =$	257	cm ⁴ /m

- parametro di torsione $\alpha = \frac{\gamma_P + \gamma_E}{2} \sqrt{\frac{Q_P}{Q_E}} \alpha = 0,34$

- valore di $\sqrt{\alpha} = 0,58$

- parametro flessionale $\vartheta = \sqrt[4]{\frac{Q_P}{Q_E} \cdot b/L} = 0,27$

- coefficiente dinamico $\varphi = 1 + \frac{(100 - 28,40)^2}{100 (250 - 28,40)} = 1,231$

- carichi equivalenti

	$x_2(m)$	folla	K_F	C. Mil.	K_M	C.Civile	K_C	$\Sigma q_i K_i/n$
Flettenti	-	400	2,03	4.134	1,32	-		2.572
Taglienti	SEZ. A 28,4	400	2,03	4.696	1,32	-		2.877
	SEZ. B 27,64	400	2,03	4.705	1,32	-		2.882
	SEZ. C 27,04	400	2,03	4.709	1,32	-		2.884
	SEZ. D 21,20	400	2,03	5.597	1,32	-		3.365
	SEZ. M 14,20	400	2,03	7.301	1,32	-		4.288

Effetti flettenti

	SEZ. A	SEZ. B	SEZ. C	SEZ. D	SEZ. M
TRAVE	-	11.951	20.047	83.301	110.892
SOLETTA	-	13.654	23.903	99.216	131.066
TRAVERSI	-	252	451	2.387	4.707
PAVIM.	-	6 932	12.136	50.371	66.541
ACCIDENT. IN CAMPATA	-	30.107	52.563	210.676	259.309

Effetti taglianti

	REAZIONE APPOGGIO	SEZ. A (a destra)	SEZ. B	SEZ. C	SEZ. D	SEZ. M
TRAVE	17.014	16.801	14.682	13.650	7.840	225
SOLETTA	18.746	18.460	17.472	16.692	9.100	-
TRAVERSI	792	792	332	332	332	332
PAVIMENTAZ.	9.517	9.372	8.870	8.474	4.620	-
ACCIDENT. IN CAMP.	41.486	40.853	38.763	37.124	26.626	15.222

6) PRECOMPRESSIONE

La precompressione e' prevista con il sistema ad armatura aderente pretesa.- Si impiegano per ogni trave n. 50 trefoli da $\varnothing 1/2"$, pretesi alla tensione iniziale di 130 kg/mm^2

In mezzaria l'armatura e' costituita da n. 50 trefoli inferiori e da n. 0 trefoli superiori, dei 50 inferiori, 12 vengono rialzati procedendo dalla mezzaria verso le estremita':-

Cadute di tensione (Legge 5/11/71 - D. Ministeriale 30/5/1974)

$$R_{ak} = 180 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_{api} = 130 \text{ kg/mm}^2 < 0,75 \quad R_{ak} = 0,75 \cdot 180 = 135 \text{ kg/mm}^2$$

rilassamento acciaio prima del taglio dei trefoli 5 kg/mm^2

$$\sigma_{apt} = 130 - 5 = 125 \text{ kg/mm}^2 \text{ (tensione al taglio dei trefoli)}$$

rilassamento a tempo indefinito

$$\Delta \sigma_r^\infty = 0,18 \cdot 0,75 \cdot 180 \left(\frac{130 - 0,5 \cdot 180}{0,25 \cdot 180} \right) = 19,19 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{- ritiro} \quad \Delta \sigma_{ar} = 0,3 \cdot E_a \cdot 10^{-3} = 6,0 \text{ kg/mm}^2$$

tensione nel baricentro arm. ($y_s =$)

$$\Delta \sigma = \frac{N}{A_i} + \frac{N \cdot e - M_{DD}}{I_a}$$

$$\text{- fluage} \quad \Delta \sigma_{af} = 2,3 \cdot \Delta \sigma \cdot \frac{20.000}{4.220 \cdot 10^2} = \frac{23,64 \text{ kg/mm}^2}{\Delta \sigma_{arf} 29,64 \text{ kg/mm}^2}$$

$$\Delta \sigma'_r = \Delta \sigma_r^\infty \left(1 - \frac{2,5 \Delta \sigma_{arf}}{\sigma_{api}} \right) = 20,6 \left(1 - \frac{2,5 \cdot 29,64}{130} \right) = 8,25$$

$$\sigma_{ap} = 130 - 29,64 - 8,25 = 92,11 \text{ kg/mm}^2$$

	SEZIONE IN MEZZARIA		SEZIONE D		SEZIONE C	
	Fase iniziale	Fase finale	Fase iniziale	Fase finale	Fase iniziale	Fase finale
A_p mm ²	4.645	4.645	4.645	4.645	4.645	4.645
σ_a kg/mm ²	125	92,11	125	93,08	125	93,73
N kg	580.625	427.805	580.625	532.333	580.625	435.353
e cm	- 54,72	- 54,72	- 46,04	- 46,04	- 34,77	- 34,77
N • e kg.cm	- 31.771.800	- 23.409.462	- 26.731.975	- 19.904.629	- 20.188.331	- 15.137.211

7) TENSIONE AI LEMBI

Si prendono in esame le seguenti fasi

- 1^a fase : precompressione iniziale + peso proprio trave
- 2^a fase : precompressione finale + peso proprio trave
- 3^a fase : effetto del peso della soletta e dei traversi
- 4^a fase : effetto del peso della pavimentazione sulla sezione composta trave + soletta, effetto carichi accidentali

Si pone: σ_o = tensione al lembo superiore della soletta

σ_s = tensione al lembo inferiore della soletta

σ_s = tensione al lembo superiore della trave

σ_i = tensione al lembo inferiore della trave

N'_s = sforzo di precompressione superiore in fase iniziale

N'_i = sforzo di precompressione inferiore in fase iniziale

N''_s = sforzo di precompressione superiore in fase finale

N''_o = sforzo di precompressione inferiore in fase finale

Avremo in particolare :

$$1^a \text{ fase} \quad \sigma_{s,1} = \frac{N'_s + N'_i}{A_i} + \frac{1}{W_s} (N'_s \cdot e_s + N'_i \cdot e_i + M_g)$$

$$\sigma_{i,1} = \frac{N'_s + N'_i}{A_i} - \frac{1}{W_i} (N'_s \cdot e_s + N'_i \cdot e_i + M_g)$$

$$2^a \text{ fase} \quad \sigma_{s,2} = \frac{N''_s + N''_i}{A_i} + \frac{1}{W_s} (N''_s \cdot e_s + N''_i \cdot e_i + M_g)$$

$$\sigma_{i,2} = \frac{N''_s + N''_i}{A_i} - \frac{1}{W_i} (N''_s \cdot e_s + N''_i \cdot e_i + M_g)$$

$$3^a \text{ fase} \quad \sigma_{s,3} = \sigma_{s,2} + M_p / W_s$$

$$\sigma_{i,3} = \sigma_{i,2} - M_p / W_i$$

$$4^a \text{ fase} \quad \sigma_o = 0,85 \cdot M_p / W_o$$

$$\sigma_s = 0,85 \cdot M_p / W_s$$

$$\sigma_{s,4} = \sigma_{s,3} + M_p / W_s$$

$$\sigma_{i,4} = \sigma_{i,3} - M_p / W_i$$

Per le varie fasi, si ottengono i seguenti valori numerici delle tensioni, rispettivamente nella sezione in mezzaria, ed alla estremità' .-

I valori ammissibili delle tensioni, a norma di regolamento, sono i seguenti :

$$\text{- lembo superiore della soletta} \quad R'_{ak} = 400 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_{amm} = 122 \text{ kg/cm}^2$$

Trave

- Tensioni iniziali

$$\text{compressione} \quad 0,48 \cdot 550 = 264,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{trazione} \quad 0,08 \cdot 550 = 44,0 \text{ kg/cm}^2$$

- Tensioni di esercizio

$$\text{compressione} \quad 0,38 \cdot 550 = 209,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{trazione} \quad 0,06 \cdot 550 = 33,0 \text{ kg/cm}^2$$

SOLLECITAZIONI

Sezione D													
1 ^a Fase		2 ^a Fase		3 ^a fase		4 ^a fase (pav.)				4 ^a fase (acc.)			
σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_o	σ_i	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	
9,84	236,83	21,63	164,40	89,94	107,39	8,30	5,44	96,34	88,55	43,00	28,18	123,10	9,76

8) CALCOLO ARMATURA SUSSIDIARIA LONGITUDINALE AL LEMBO INFERIORE

Oltre l'armatura corrente longitudinale al lembo inferiore, si prevede un'armatura pari a $4 \varnothing 12$ (in totale $7 \varnothing 12 = 7,92 \text{ cm}^2$) essendo l'armatura necessaria per l'assorbimento dello sforzo di trazione pari a $7,90 \text{ cm}^2$

9) VERIFICA A ROTTURA IN MEZZARIA

Momento di rottura

$$M_r = 1.247.331 \quad \text{kgm}$$

Momento di esercizio

$$M_e = 572.515 \quad \text{kgm}$$

Rapporto di rottura

$$\gamma_r = 2,18$$

10) VERIFICA AL TAGLIO

Si esegue la verifica al taglio e si calcola la relativa armatura per le sezioni di anzi considerate. -

I valori sono riportati nelle tabelle seguenti

Il tasso di lavoro per le staffe sarà pari a 2.200 kg/cm^2

10.1) Tensioni tangenziali e principali

Sez.	$T + T_g - N_f \text{ sen } \varphi$	$\frac{S_I}{J_I b}$ trave	$T_{pav} + T_{acc}$	$\frac{S_2}{J_2 b} (tr + sol.)$	$v = T_1 \frac{S_1}{J_1 b} + T_2 \frac{J_2}{J_2 b}$	σ_n	$\left. \begin{matrix} \sigma_t \\ \sigma_c \end{matrix} \right\} = \frac{\sigma_n}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$
m	kg.	cm ⁻²	kg.	cm ⁻²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
B	14.682	0,000148	8.870	0,000140	4,81 + 6,67 = 11,48	-	-
	17.472	0,000163	38.763	0,000133	5,30 + 6,34 = 11,74	-	-
	332		47.633				
	<u>32.486</u>						
C	13.650	0,000372	8.474	0,000460	7,43 + 20,98 = 28,41	55,10	- 12,02
	16.692	0,000450	37.124	0,000465	8,99 + 21,20 = 30,19	66,05	- 11,72
	332	0,000534	45.598	0,000431	10,67 + 19,65 = 30,32	95,27	- 8,83
	<u>- 10.688</u>	0,000438		0,000317	8,75 + 14,45 = 23,20	127,36	- 4,09
	19.986						
D	7.840	0,000373	4.620	0,000459	2,48 + 14,34 = 16,82	108,74	- 2,54
	9.100	0,000456	26.626	0,000465	3,04 + 14,53 = 17,57	94,36	- 3,17
	332	0,000536	31.246	0,000431	3,57 + 13,47 = 17,04	61,32	- 4,42
	<u>-10.614</u>	0,000460		0,000334	3,06 + 10,44 = 13,50	31,37	- 5,01
	6.656						
M	225	0,000373		0,000451	0,21 + 6,87 = 7,08	122,32	- 0,41
	332	0,000465	15.222	0,000458	0,26 + 6,97 = 7,23	98,47	- 0,53
	<u>557</u>	0,000540		0,000428	0,30 + 6,52 = 6,82	49,51	- 0,92
		0,000497		0,000366	0,28 + 5,57 = 5,85	12,68	- 2,29

10.2) Armature lente resistenti al taglio

Sezione B

Essendo incompleta la precompressione si verifica secondo la normativa del c.a. normale

$$\tau_{\max} = 11,64 \text{ kg/cm}^2 \quad b = 60 \text{ cm} \quad A_f = 31,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Sezione C

$$\sigma_t = 12,02 \text{ kg/cm}^2 \quad \tau = 28,41 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tg} \beta = 0,4232 \quad A_f = 8,74 \text{ cm}^3/\text{m}$$

Sezione D

$$\sigma_t = 5,01 \text{ kg/cm}^2 \quad \tau = 13,50 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tg} \beta = 0,3710 \quad A_f = 3,64 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Sezione M

$$\sigma_t = 2,29 \text{ kg/cm}^2 \quad \tau = 5,85 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tg} \beta = 0,3908 \quad A_f = 1,66 \text{ cm}^2/\text{m}$$

10.3) Scorrimento trave - soletta

$$S = 226.281 \text{ cm}^3 \quad b = 84 \text{ cm} \quad S/Jb = 0,0000718 \text{ cm}^{-2}$$

$$\tau = 0,0000718 \cdot 47.633 = 3,42 \text{ kg/cm}^2 \quad A_f = 13,07 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Sezione C

$$S = 179.427 \text{ cm}^3 \quad b = 40 \text{ cm} \quad S/Jb = 0,000160 \text{ cm}^{-2}$$

$$\tau = 0,000160 \cdot 45.598 = 7,29 \text{ kg/cm}^2 \quad A_f = 13,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Sezione M

$$S = 198.953 \text{ cm}^3 \quad b = 40 \text{ cm} \quad S/Jb = 0,000156 \text{ cm}^{-2}$$

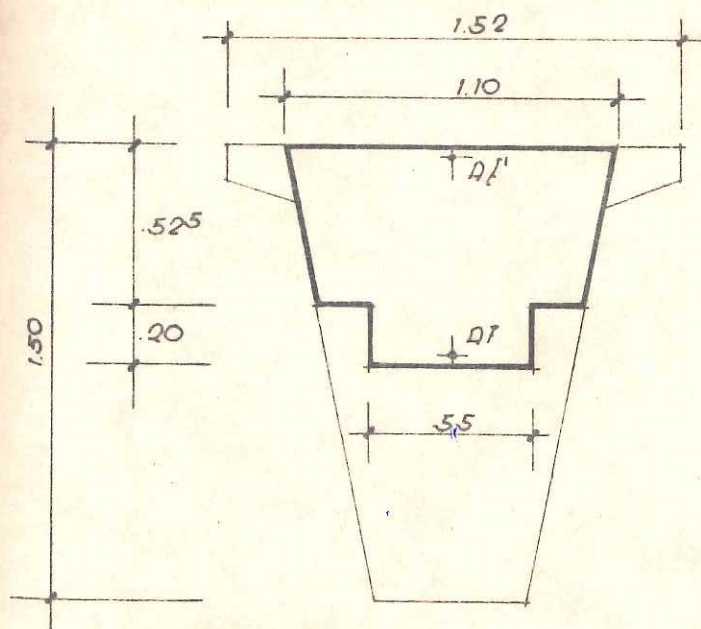
$$\tau = 0,000156 \cdot 15.222 = 2,37 \text{ kg/cm}^2 \quad A_f = 4,31 \text{ cm}^2/\text{m}$$

11) CALCOLO DELLA SELLA DI APPOGGIO11.1) Parametri di sollecitazione

	P (kg)	br(m)	M (kgm)
I° fase			
peso trave + peso soletta	17.014		
	18.746		
	792		
	<hr/> 36.552	0,27	9.869
II° fase			
Peso pavimentazione ed accident.	9.517		
	41.486		
	<hr/> 51.003	0,27	13.770 kgm

11.2) Verifica armature

I° fase

 $M = 9.869 \text{ kgm}$ $T = 36.552 \text{ kg}$ 

$$b = 105 \text{ cm} \quad h = 67 \text{ cm}$$

$$h' = 5,5 \text{ cm} \quad m = 10$$

$$A_f = A_f' = 8 \varnothing 24 = 36,16 \text{ cm}^2$$

$$x = 23,90 \text{ cm} \quad J = 1.723,589 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_c = 13,68 \text{ kg/cm}^2$$

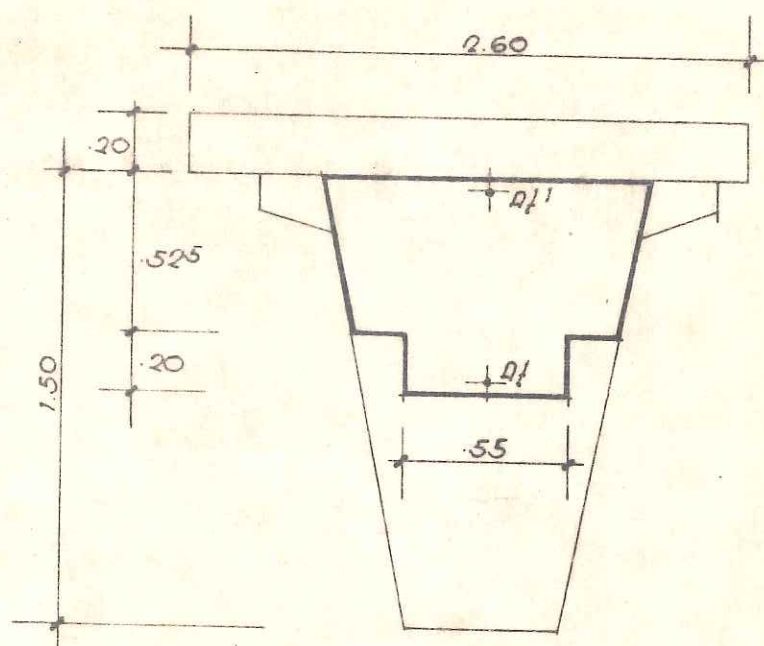
$$\sigma_f = 246 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = \frac{36.552}{55 (67 - 23,90 / 3)} = 11,25 \text{ kg/cm}^2$$

II° fase

$$M = 13.770 \text{ kgm}$$

$$T = 51.003 \text{ kg}$$



$$b = 260 \text{ cm} \quad b_o = 55 \text{ cm} \quad h = 87 \text{ cm} \quad m = 10$$

$$A_f = 8 \varnothing 24 = 36,16 \text{ cm}^2$$

$$x = 15,55 \text{ cm} \quad J = 2.213.695 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_c = 9,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_f = 246 + 444 = 690 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\max} = 11,25 + \frac{51.003}{55 (87 - 15,55 / 3)} = 11,25 + 11,30 = 22,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$< 14 + \frac{500 - 150}{35} = 24 \text{ kg/cm}^2$$

Si hanno staffe $\varnothing 12$ a 4 braccia ogni 10 cm

che assorbono

$$\tau_s = \frac{4 \cdot 1,13 \cdot 2.200}{10 \cdot 55} = 18,08 \text{ kg/cm}^2$$

A n.4 $\varnothing 24$ piegati a 45°

$$S = (22,55 - 18,08) \cdot 55 \cdot 27 = 6.638 \text{ kg} \quad \sigma_f = \frac{6.638}{4,52 \cdot 4 \cdot \sqrt{2}} = 259 \text{ kg/cm}^2$$

12) CALCOLO DELLA SOLETTA

Lo spessore complessivo della soletta e' di $17 + 3$ cm di coppella

La soletta sara' considerata incastrata ai bordi a tutti gli effetti.-

La luce teorica sara' di $lc = 2,60 - 1,52 + 0,17 = 1,25$ m

12.1) Analisi di carico

- peso proprio soletta

$$0,17 \cdot 2500 = 425 \text{ kg/m}^2$$

- pe o pavimentazione

$$0,10 \cdot 2200 = 220 \text{ kg/m}^2$$

- carichi accidentali

si considera l'ipotesi piu' gravosa costituita dai due assi posteriori dello schema 6° (36 tonn.)

La distribuzione avviene su una superficie avente le seguenti dimensioni :

$$t_x = 2,65 + 2 \cdot 0,10 + 0,17 = 3,02 \text{ m}$$

$$t_y = 1,12 + 2 \cdot 0,10 + 0,17 + 1,25 / 2 = 2,115 \text{ m}$$

12.2) Sollecitazioni

- peso proprio della soletta

$$M_1 = 425 \cdot 1,25^2 / 12 = 55 \text{ kgm}$$

- peso della pavimentazione

$$M = 220 \cdot 1,25^2 / 12 = 29 \text{ kgm}$$

- carichi accidentali

$$\varphi = 1 + \frac{(100 - 1,25)^2}{100 (250 - 1,25)} = 1,392$$

$$P_{acc} = 1,392 \cdot 36000 / 3,02 \cdot 2,115 = 7.846 \text{ kg/m}$$

$$M_{acc} = 7.846 \cdot 1,25^2 / 12 = 1.022 \text{ kgm} \quad M_{tot} = 1.106 \text{ kgm/m}$$

12.3) Verifiche

$$\begin{aligned}
 b &= 100 \text{ cm} & b &= 15 \text{ cm} & h' &= 2 \text{ cm} \\
 M &= 1.106 \text{ kgm} & A_f = A'_f &= \emptyset 10/20 = 3,93 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 x &= 2,95 \text{ cm} & J &= 6.598 \text{ cm}^4 \\
 \sigma_f &= 2.020 \text{ kg/cm}^2 & \sigma_c &= 49,50 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

13) CALCOLO DELLO SBALZO

13.1) Calcolo dello sbalzo corrente

	P	br	M
peso proprio	$0,54 \cdot 0,20 \cdot 2.500 = 270 \text{ kg}$	$0,44 \text{ m}$	119 kgm
cordolo	$0,64 \cdot 0,20 \cdot 2.500 = 320 \text{ kg}$	$0,49 \text{ m}$	157 kgm
parapetto	$= 30 \text{ kg}$	$0,49 \text{ m}$	15 kgm
			<hr/> 291 kgm

Carichi accidentali

Si assume un'asse da 5 tonn. per svio

$$M = 2.500 \text{ kgm} \quad M_{\text{tot}} = 2.500 + 291 = 2.791 \text{ kgm}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad H = 20 \text{ cm} \quad h = 18 \text{ cm} \quad h' = 3,5 \text{ cm}$$

$$A_f = A'_f = \emptyset 10/20 + \emptyset 10/20 = 7,86 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$x = 4,45 \text{ cm} \quad J = 17.439 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_c = 71,22 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_f = 2.168 \text{ kg/cm}^2$$

13.2) Calcolo dello sbalzo all'estremità

Carichi accidentali

Si assume un'asse da 5 t. per svio

$$M = 5.000 \text{ kgm} \quad M_{\text{tot}} = 5.000 + 291 = 5.291 \text{ kgm}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad H = 20 \text{ cm} \quad h = 18 \text{ cm} \quad h' = 3,5 \text{ cm}$$

$$A_f = A'_f = \emptyset 10/20 + \emptyset 12 = 15,24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$x = 5,60 \text{ cm} \quad J = 29.959 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_c = 98,93 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_f = 2.190 \text{ kg/cm}^2$$

14) CALCOLO DEI TRAVERSI

Si svolge il calcolo del traverso di mezz'aria dell'impalcato.-

Si valuterà l'effetto dei carichi accidentali sul traverso considerando il metodo di Massonnet-Guyon e calcolando i relativi momenti.-

Si prenderanno in esame gli schemi di carico che producono i massimi valori (assoluti) per flessione negativa e positiva.-

Si adotteranno n° 1 traverso intermedio.

14.1) Massimo momento positivo

$$M = 39.113 \text{ kgm}$$

$$b = 195 \text{ cm} \quad b' = 170 \text{ cm} \quad b_o = 25 \text{ cm}$$

$$h = 137 \text{ cm} \quad d_o = 17 \text{ cm} \quad h' = 5 \text{ cm}$$

$$A_f = 3 \varnothing 24 = 13,57 \text{ cm}^2 \quad A'_f = 3 \varnothing 20 = 9,42 \text{ cm}^2$$

$$x = 12,85 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = 22,49 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_f = 2.172 \text{ kg/cm}^2$$

14.2) Massimo momento negativo

$$M = 13.326 \text{ kgm}$$

$$b = 25 \text{ cm} \quad h = 140 \text{ cm} \quad h' = 8 \text{ cm}$$

$$A_f = 3 \varnothing 20 = 9,42 \text{ cm}^2 \quad A'_f = 3 \varnothing 24 = 13,57 \text{ cm}^2$$

$$x = 25,82 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = 24,33 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_f = 1.076 \text{ kg/cm}^2$$

a - Calcestruzzo per travi in c.a.p. dosato a 400 kg. di cemento
525 kg/cm² classe 550

- diametro max inerti 30 mm
- rapporto acqua cemento 0,45
- resistenza a rottura a 28 gg. $\geq 550 \text{ kg/cm}^2$
- max compressione iniziale 250,05 kg/cm^2
- max compressione in esercizio 143,58 kg/cm^2

b - Calcestruzzo per soletta e traversi gettati in opera dosato a 350
kg. di cemento 425 kg/cm² classe 400

- diametro max inerti 30 mm
- rapporto acqua cemento 0,45
- resistenza a rottura a 28 gg. $\geq 400 \text{ kg/cm}^2$
- max compressione longitudinale 52,25 kg/cm^2
- max compressione trasversale 49,50 kg/cm^2
- max compressione allo sbalzo 98,93 kg/cm^2

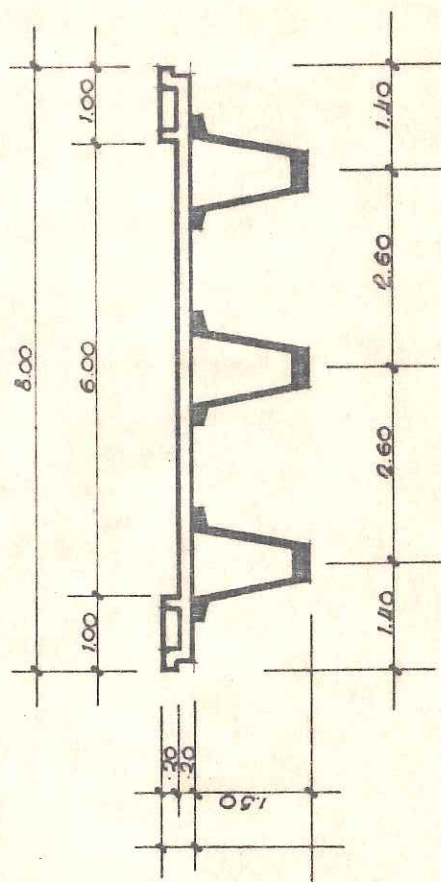
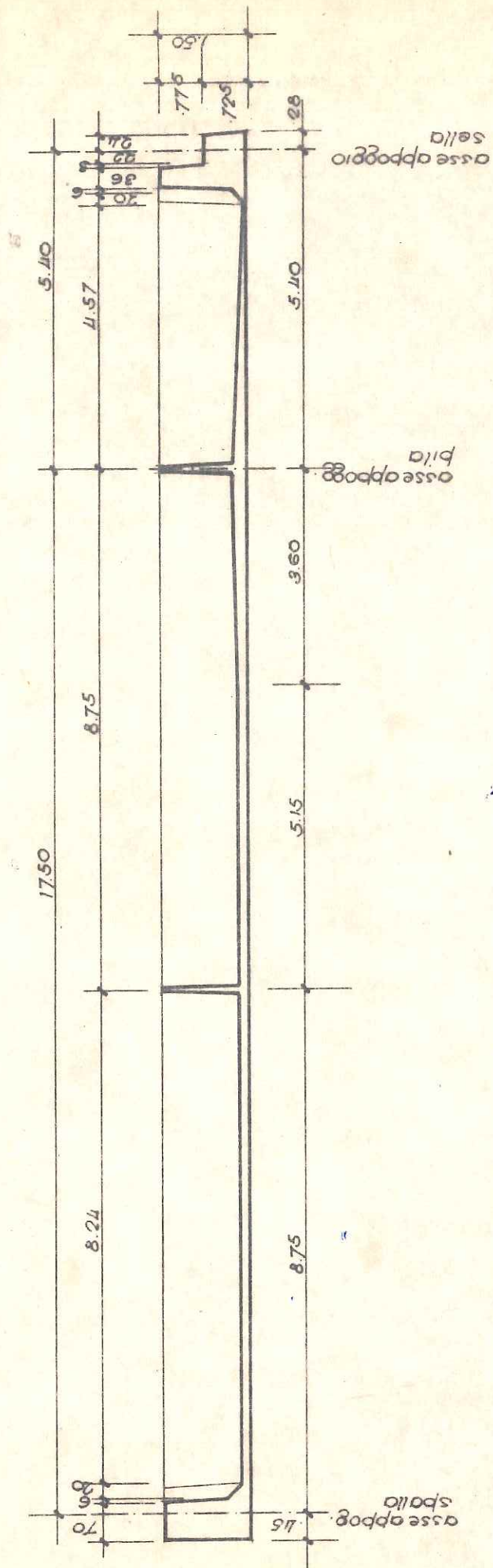
c - Acciaio armonico per fili pretesi da $\phi 1/2''$

- carico di rottura $\geq 18000 \text{ kg/cm}^2$
- tensione iniziale 13000 kg/cm^2
- tensione di esercizio 9211 kg/cm^2

d - Acciaio speciale ad aderenza migliorata per c.a.

- carico di snervamento $\geq 4400 \text{ kg/cm}^2$
- massima tensione di snervamento $\leq 2200 \text{ kg/cm}^2$

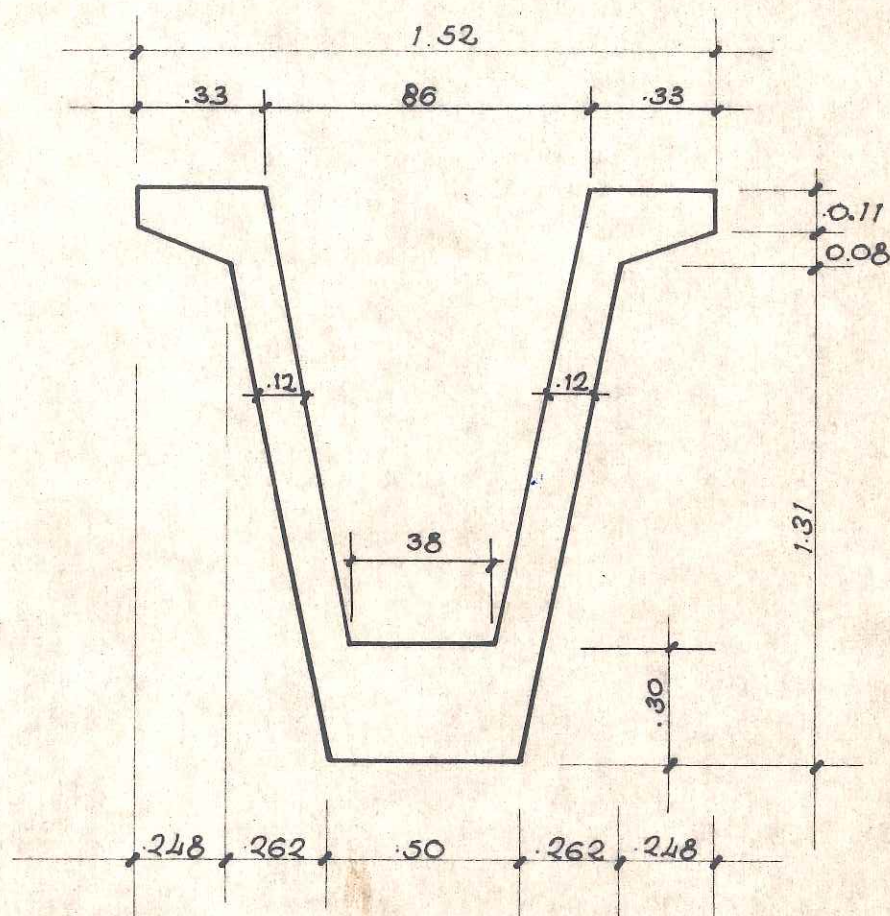
B) CAMPATE LATERALI



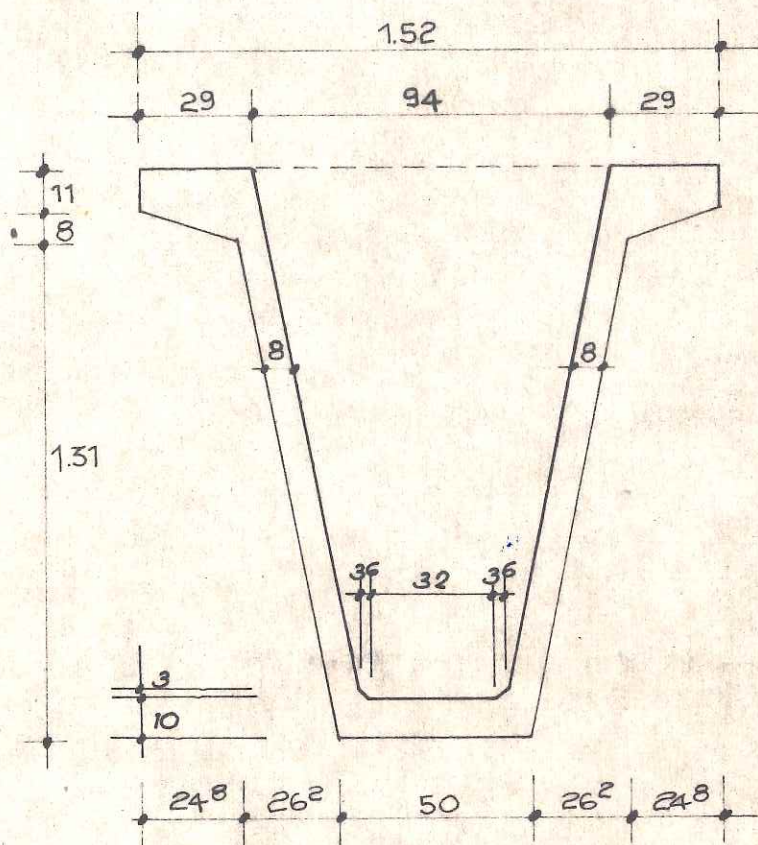
2) CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA TRAVE

2.1) Sezione all' appoggio (Sez. A)

2.1.1) Solo calcestruzzo

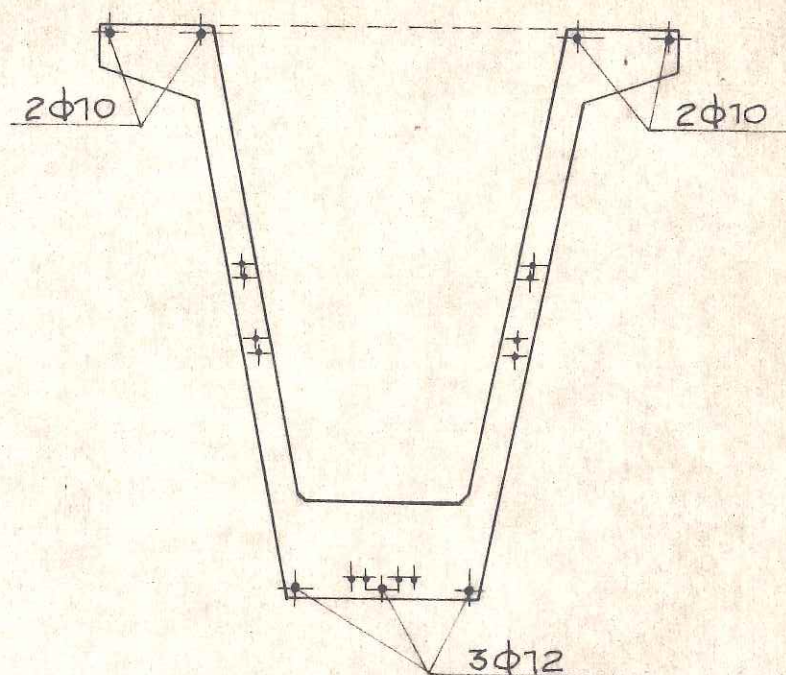


- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 403.954 \text{ cm}^3$
- Area : $A = 5.231,8 \text{ cm}^2$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 77,21 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 72,79 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia : $J = 13.190.473 \text{ cm}^4$

2.2) Sezione B2.2.1) Solo calcestruzzo

- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 238.672 \text{ cm}^3$
- Area : $A = 3.440,8 \text{ cm}^2$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 69,37 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 80,63 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia : $J = 9.236.037 \text{ cm}^4$

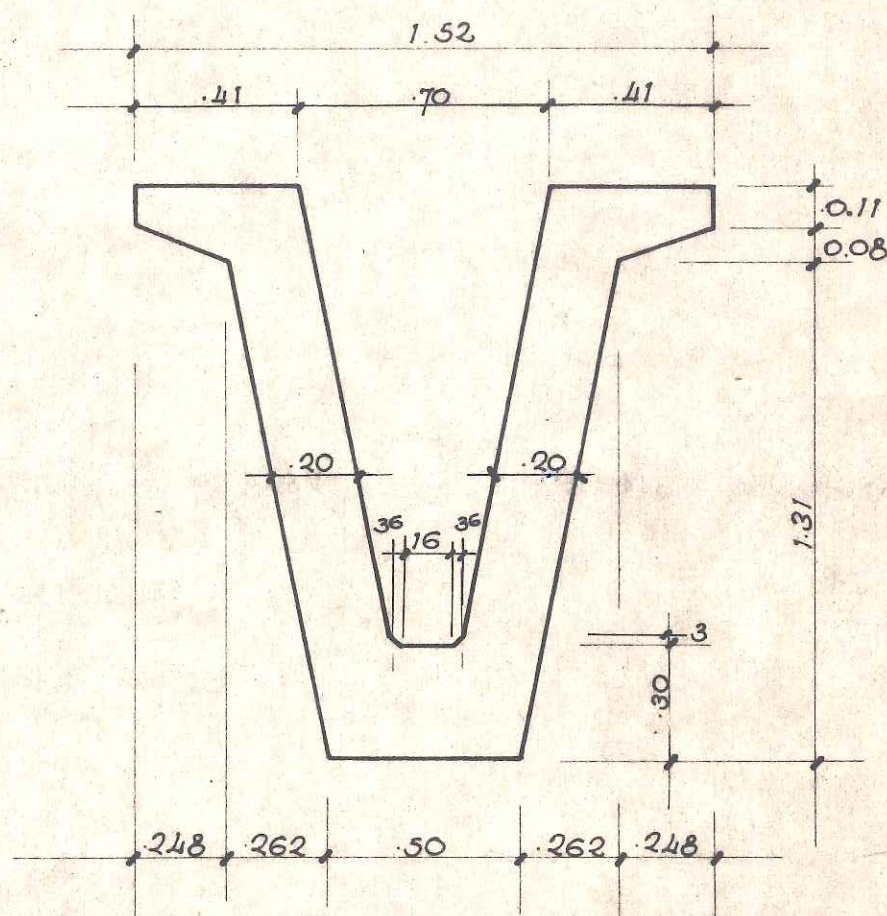
La trave e' armata con 12 trefoli $\phi 1/2''$



- Armatura pretesa $A_{pi} = 12 \text{ trefoli } \phi 1/2'' = 11,148 \text{ cmq}$
- Armatura ausiliaria superiore : $A_{as} = 4 \phi 10 = 3,14 \text{ cmq}$
- Distanza di A_p dal lembo superiore : $d_p = 98,39 \text{ cm}$
- Armatura ausiliaria inferiore : $A_{ai} = 3 \phi 12 = 3,39 \text{ cmq}$
- Area ideale (con $n = 6$) = $A_i = 3.529,19 \text{ cmq}$
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 246.695 \text{ cm}^3$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 69,90 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 80,10 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia ideale : $J = 9.519.956 \text{ cm}^4$
- Modulo di resistenza superiore : $W_s = 136.191 \text{ cm}^3$
- Modulo di resistenza inferiore : $W_i = 118.853 \text{ cm}^3$
- S/Jb al baricentro trave + soletta $= 0,000442 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb al baricentro sola trave $= 0,000538 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all'attacco anima inferiore $= 0,000300 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all'attacco anima superiore $= 0,000401 \text{ cm}^{-2}$

2.3) Sezione C (asse appoggio pila)

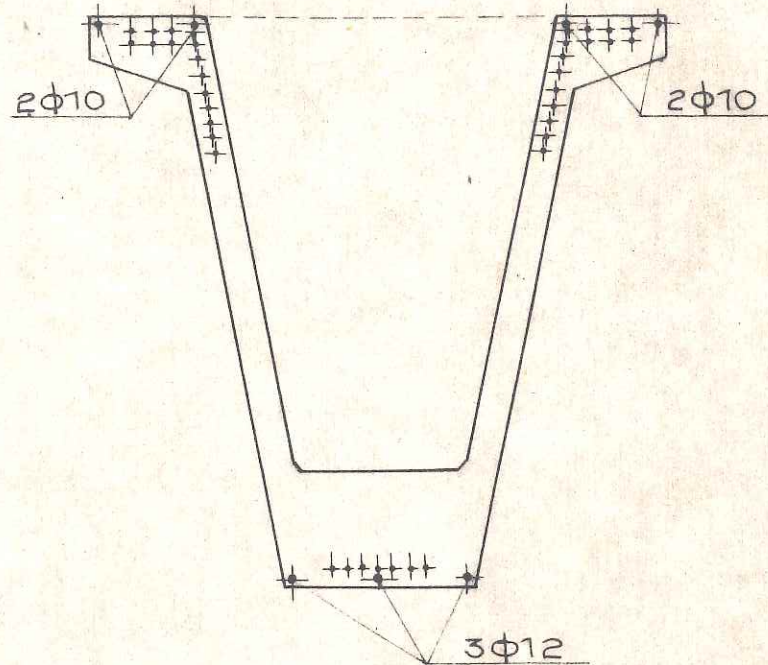
2.3.1) Solo calcestruzzo



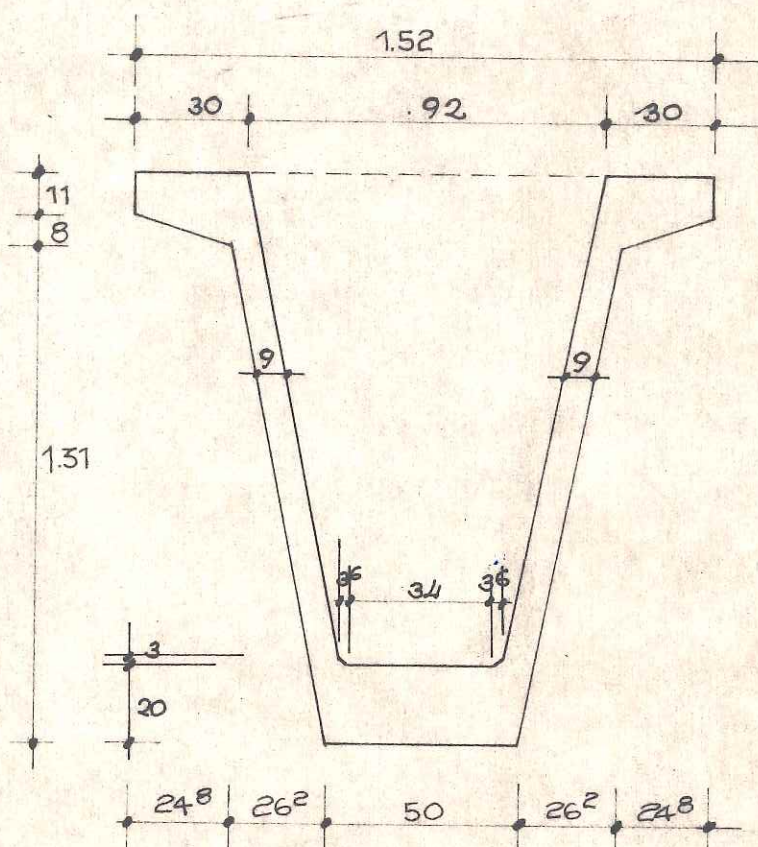
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 520.225 \text{ cm}^3$
- Area : $A = 7.160,8 \text{ cm}^2$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 72,65 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 77,35 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia : $J = 15.929.917 \text{ cm}^4$

23.2) Sezione ideale della trave C

La trave e' armata con 37 trefoli $\phi 1/2"$



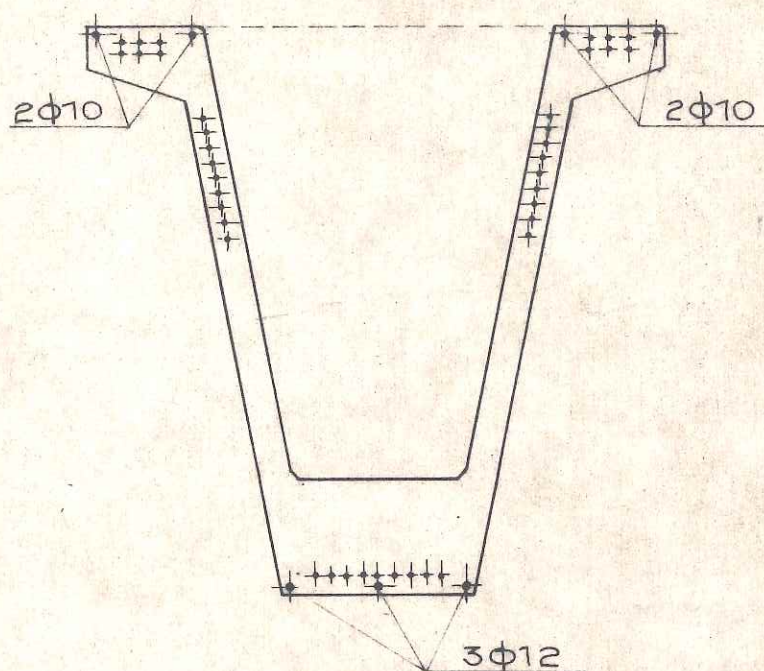
- Armatura pretesa $A_p = 37 \text{ trefoli } \phi 1/2" = 34,373 \text{ cmq}$
- Armatura ausiliaria superiore : $A_{as} = 4 \phi 10 = 3,14 \text{ cmq}$
- Distanza di A_p dal lembo superiore : $d_p = 39,3 \text{ cm}$
- armatura ausiliaria inferiore : $A_{ai} = 3 \phi 12 = 3,39 \text{ cmq}$
- Area ideale (con $n = 6$) = $A_i = 7.365,3 \text{ cmq}$
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 529.518 \text{ cm}^3$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 71,89 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 78,11 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia ideale : $J = 16.759.030 \text{ cm}^4$
- Modulo di resistenza superiore : $W_s = 233.109 \text{ cm}^3$
- Modulo di resistenza inferiore : $W_i = 214.566 \text{ cm}^3$
- S/Jb al baricentro sola trave $= 0,000232 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb al baricentro trave + soletta $= 0,000207 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all' attacco anima inferiore $= 0,000171 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all' attacco anima inferiore $= 0,000145 \text{ cm}^{-2}$

2.4) Sezioni D-E-F2.4.1) Solo calcestruzzo

- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 309.449 \text{ cm}^3$
- Area : $A = 4.100,8 \text{ cm}^2$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 75,46 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 74,54 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia : $J = 11.165.247 \text{ cm}^4$

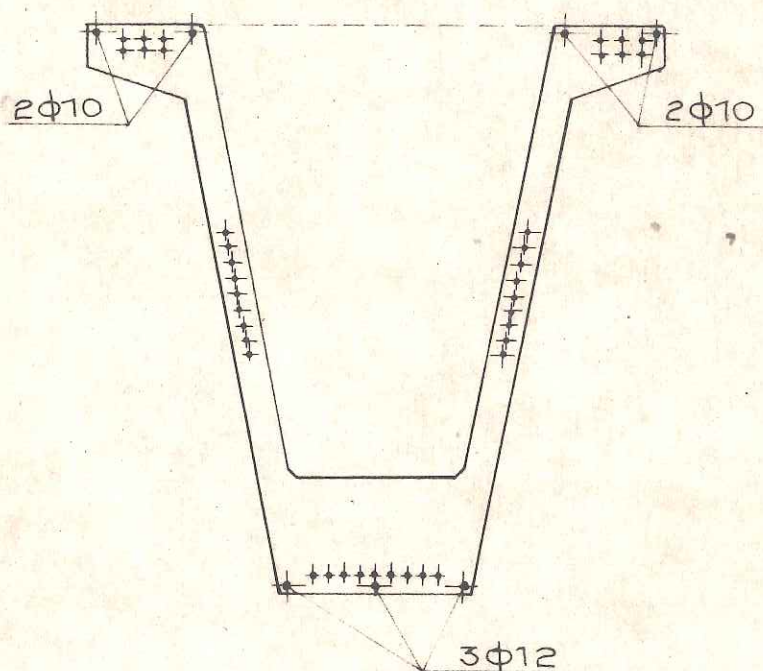
2.4.2) Sezione ideale della trave D

La trave e' armata con 39 trefoli $\phi 1/2"$



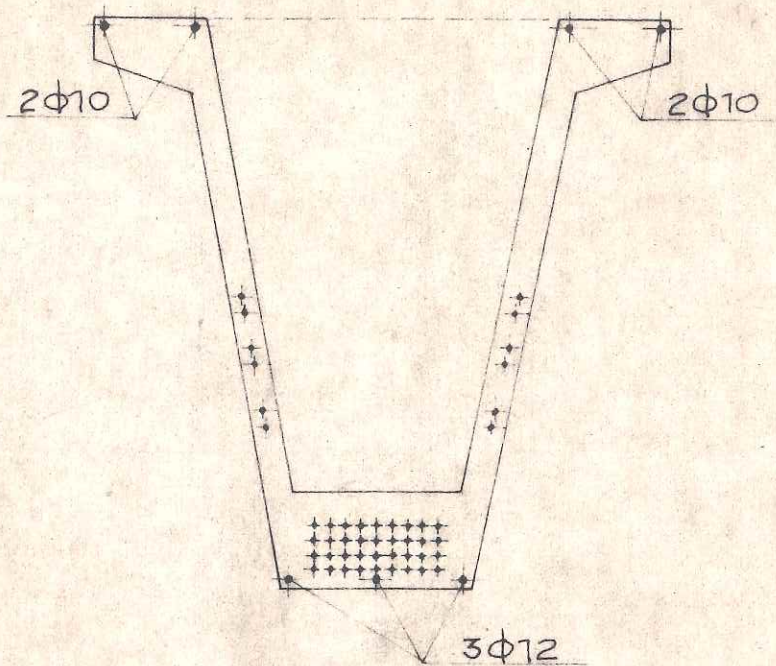
- Armatura pretesa $A_p = 39 \text{ trefoli } \phi 1/2" = 36,231 \text{ cmq}$
- Armatura ausiliaria superiore : $A_{as} = 4 \phi 10 = 3,14 \text{ cmq}$
- Distanza di A_p dal lembo superiore : $d_p = 54,58 \text{ cm}$
- armatura ausiliaria inferiore : $A_{ai} = 3 \phi 12 = 3,39 \text{ cmq}$
- Area ideale (con $n = 6$) = $A_i = 4.314,6 \text{ cmq}$
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 321.875 \text{ cm}^3$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 74,60 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 75,40 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia ideale : $J = 11.915.125 \text{ cm}^4$
- Modulo di resistenza superiore : $W_s = 159.717 \text{ cm}^3$
- Modulo di resistenza inferiore : $W_i = 158.028 \text{ cm}^3$
- S/Jb al baricentro trave + soletta = $0,000402 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb al baricentro sola trave = $0,000479 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all' attacco anima inferiore = $0,000364 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all' attacco anima superiore = $0,000336 \text{ cm}^{-2}$

La trave e' armata con 39 trefoli $\phi 1/2"$



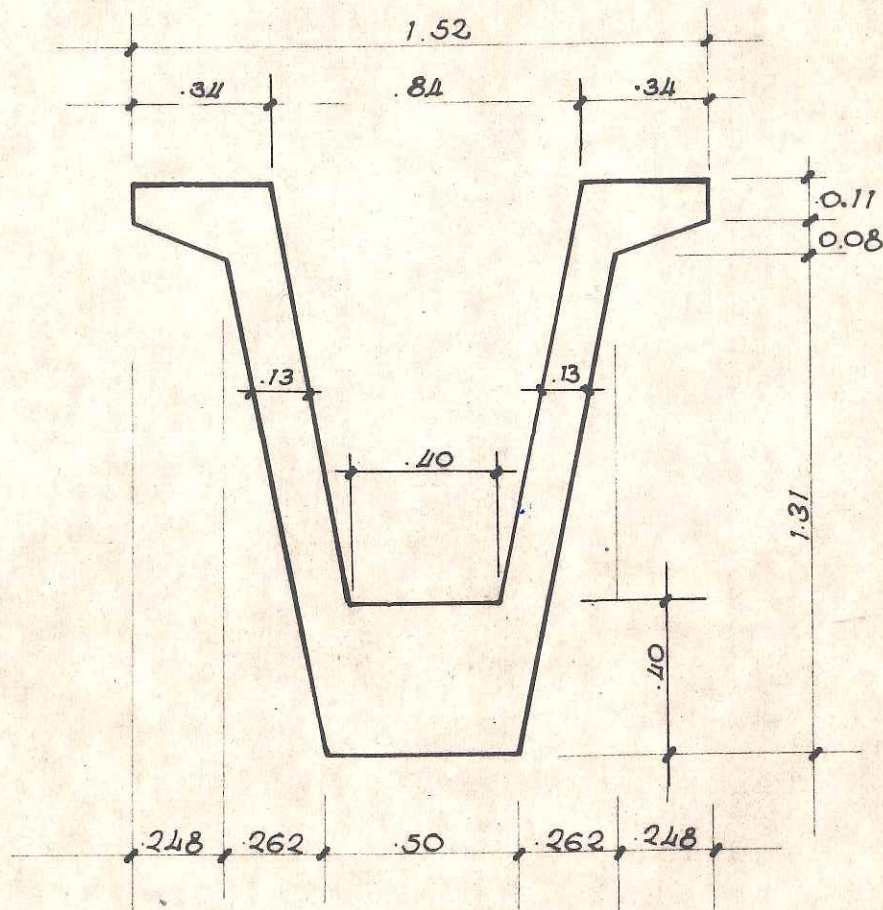
- Armatura pretesa $A_p = 39 \text{ trefoli } \phi 1/2" = 36,231 \text{ cmq}$
- Armatura ausiliaria superiore : $A_{as} = 4 \phi 10 = 3,14 \text{ cmq}$
- Distanza di A_p dal lembo superiore : $e_p = 68,62 \text{ cm}$
- armatura ausiliaria inferiore : $A_{ai} = 3 \phi 12 = 3,39 \text{ cmq}$
- Area ideale (con $n = 6$) $= A_i = 4.314,6 \text{ cmq}$
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 324.418 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $v_s = 75,19 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $v_i = 74,81 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia ideale : $J = 11.821.402 \text{ cm}^4$
- Modulo di resistenza superiore : $w_s = 157.219 \text{ cm}^3$
- Modulo di resistenza inferiore : $w_i = 158.020 \text{ cm}^3$
- S/Jb al baricentro trave + soletta $= 0,000409 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb al baricentro sola trave $= 0,000478 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all'attacco anima inferiore $= 0,000363 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all'attacco anima superiore $= 0,000342 \text{ cm}^{-2}$

La trave è armata con 39 trefoli $\phi \frac{1}{2}$ "

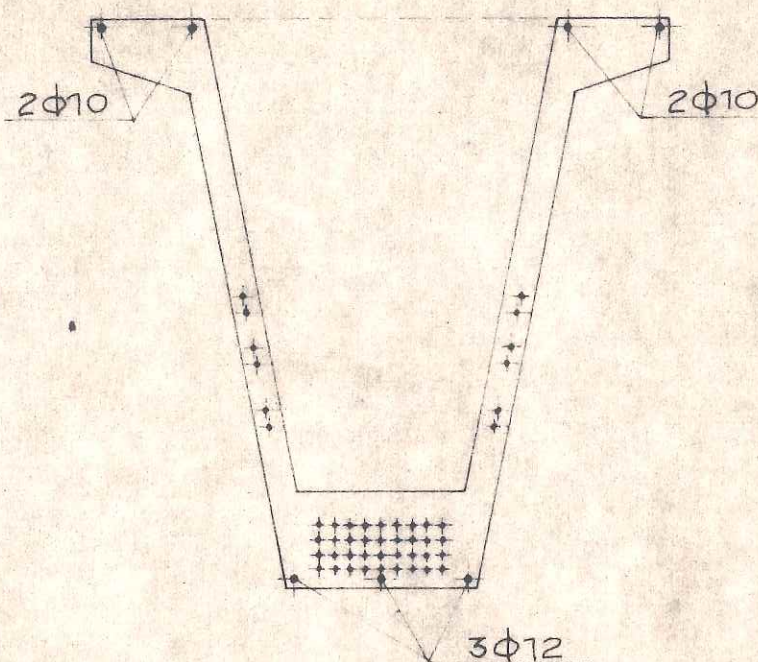


- Armatura pretesa : $A_p = 39 \text{ trefoli } \phi \frac{1}{2}" = 36,231 \text{ cmq}$
- Armatura ausiliaria superiore : $A_{as} = 4 \phi 10 = 3,14 \text{ cmq}$
- Distanza di A_p dal lembo superiore : $s_p = 91,24 \text{ cm}$
- Armatura ausiliaria inferiore : $A_{ai} = 3 \phi 12 = 3,39 \text{ cmq}$
- Area ideale (con $n = 6$) : $A_i = 4.314,6 \text{ cmq}$
- Momento statico al lembo superiore : $S_s = 328.517 \text{ cm}^3$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore : $y_s = 76,14 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore : $y_i = 73,86 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia ideale : $J = 11.989.567 \text{ cm}^4$
- Modulo di resistenza superiore : $W_s = 157.466 \text{ cm}^3$
- Modulo di resistenza inferiore : $W_i = 162.329 \text{ cm}^3$
- S/Jb al baricentro trave + 40 ett. = 0,000406 cm^{-2}
- S/Jb al baricentro sola trave = 0,000478 cm^{-2}
- S/Jb all'attacco anima inferiore = 0,000360 cm^{-2}
- S/Jb all'attacco anima superiore = 0,000342 cm^{-2}

2.5) Sezione G

2.5.1) Solo calcestruzzo

- Momento statico al lembo superiore $S_s = 462.020 \text{ cm}^3$
- Area : $A = 5.851,8 \text{ cm}^2$
- Distanza el baricentro al lembo superiore : $y_s = 78,95 \text{ cm}$
- Distanza el baricentro al lembo inferiore : $y_i = 71,05 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia : $J = 14.075.043 \text{ cm}^4$

La trave d'armatura 39 trefoli ϕ / mm 

- Armatura pretesa: $A_{pi} = 39$ trefoli $\phi / \text{mm} = 36,231 \text{ cmq}$
- Armatura ausiliaria superiore: $A_{ps} = 4 \phi 10 = 3,14 \text{ cmq}$
- Distanza di A_{ps} dal lembo superiore: $y_p = 91,79 \text{ cm}$
- Armatura ausiliaria inferiore: $A_{pi} = 3 \phi 12 = 3,39 \text{ cmq}$
- Area ideale (con $n = 6$): $A_i = 6.065,6 \text{ cmq}$
- Momento statico al lembo superiore: $S = 481.186 \text{ cm}^3$
- Distanza del baricentro dal lembo superiore: $y_s = 79,33 \text{ cm}$
- Distanza del baricentro dal lembo inferiore: $y_i = 70,67 \text{ cm}$
- Momento d'inerzia ideale: $J = 14.890.975 \text{ cm}^4$
- Modulo di resistenza superiore: $W_s = 187.709 \text{ cm}^3$
- Modulo di resistenza inferiore: $W_i = 210.712 \text{ cm}^3$
- S/Jb al baricentro trave: $0,000306 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb al baricentro sola trave: $0,000349 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all'attacco anima inferiore: $0,000316 \text{ cm}^{-2}$
- S/Jb all'attacco anima superiore: $0,000227 \text{ cm}^{-2}$

3) CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVE + SOLETTA

Nel calcolo delle caratteristiche geometriche della sezione composta si tiene conto della diversita' dei moduli elastici fra la trave prefabbricata e la soletta gettata in opera.-

- si ammette

- per la trave

$$\sigma_{bR} \geq 550 \text{ kg/cm}^2$$

- per la soletta

$$\sigma_{bR} \geq 400 \text{ kg/cm}^2$$

- in particolare si avra' :

- modulo elastico della trave

$$E_t = 18.000 \sqrt{550} = 422.136 \text{ kg/cm}^2$$

- modulo elastico della soletta

$$E_s = 18.000 \sqrt{400} = 360.000 \text{ kg/cm}^2$$

- rapporti dei moduli elastici

$$E_s / E_t = 0,85$$

		SEZIONE B	SEZIONE C	SEZIONE D
Momento statico al lembo superiore soletta	S_s	350.037	710.481	441.048
Area della sezione composta	A_i	7.416,30	11.303,53	8.208,62
Distanza del baricentro dal lembo superiore soletta	y_o	47,20	62,82	53,73
Distanza del baricentro dal lembo superiore trave	y_s	27,20	42,85	33,73
Distanza del baricentro dal lembo inferiore trave	y_i	122,80	107,15	116,27
Momento d'inerzia della sezione composta	J_i	21.890.756	34.677.535	27.200.170
Modulo di resistenza al lembo superiore soletta	W_o	463.787	551.751	506.238
Modulo di resistenza al lembo superiore trave	W_s	804.807	809.271	806.409
Modulo di resistenza al lembo inferiore trave	W_i	178.263	323.635	233.940
Coefficiente di taglio all'attacco anima superiore	S_{as}/J_b	0,000484	0,000192	0,000417
Coefficiente di taglio al baricentro trave + soletta	S_G/J_b	0,000485	0,000201	0,000421
Coefficiente di taglio al baricentro s la trave	S_G/J_b	0,000442	0,000189	0,000389
Coefficiente di taglio all'attacco anime inferiore	S_{ai}/J_b	0,000205	0,000122	0,000260

		SEZIONE E	SEZIONE F	SEZIONE G
Momento statico al lembo superiore soletta	S_s	443.593	447.698	635.871
Area della sezione composta	A_i	8.208,62	8.208,62	9.986,77
Distanza del baricentro dal lembo superiore soletta	y_o	54,04	54,54	63,67
Distanza del baricentro dal lembo superiore trave	y_s	34,04	34,54	43,67
Distanza del baricentro dal lembo inferiore trave	y_i	115,96	115,46	106,33
Momento d'inerzia della sezione composta	J_i	27.314.845	27.822.188	34.628.956
Modulo di resistenza al lembo superiore soletta	W_o	505.456	510.124	543.882
Modulo di resistenza al lembo superiore trave	W_s	802.434	805.506	792.969
Modulo di resistenza al lembo inferiore trave	W_i	235.554	240.968	325.674
Coefficiente di taglio all'attacco anima superiore	S_{as}/J_b	0,000418	0,000416	0,000285
Coefficiente di taglio al baricentro trave + soletta	S_G/J_b	0,000422	0,000420	0,000294
Coefficiente di taglio al baricentro s la trave	S_G/J_b	0,000389	0,000389	0,000276
Coefficiente di taglio all'attacco anime inferiore	S_{ai}/J_b	0,000258	0,000257	0,000229

4) ANALISI DEI CARICHI PERMANENTI4.1) Peso proprio trave

carico equiripartito su tutta la trave

$$q^1 = 0,3441 \cdot 2.500 = 860 \text{ kg/m}$$

carico ripartito con legge triangolare con minimo a m. 4,56

dall' appoggio pila e massimo a m. 0,00 (verso il Gerber)

$$p_{\max}^1 = (0,7161 - 0,3441) \cdot 2.500 = 930 \text{ kg/m}$$

carico ripartito con legge triangolare con minimo a m. 3,60

dall' appoggio pila e massimo a m. 0,00 (verso la spalla)

$$p_{\max}^2 = (0,7161 - 0,4101) \cdot 2.500 = 765 \text{ kg/m}$$

carico equiripartito dall' appoggio pila al fondo trave (testata sulla spalla).

$$q^2 = (0,4101 - 0,3441) \cdot 2.500 = 165 \text{ kg/m}$$

carico concentrato a m. 4,63 dall' asse appoggio pila verso

sella Gerber raccordo di testata fra le sezioni A e B

$$P_1 = (0,5232 - 0,3441) \cdot 2.500 \cdot 0,20 \cdot 0,5 = 45 \text{ kg}$$

carico concentrato a m. 4,9925 dall' asse appoggio pila verso

sella Gerber setto di testata

$$P_2 = \left[(0,94 + 0,392) \cdot 1,37 \cdot 0,5 + (0,392 + 0,32) \cdot 0,03 \cdot 0,5 \right] \cdot 2.500 \cdot 0,405 = 935 \text{ kg}$$

carico concentrato a m. 5,41 dall' asse appoggio pila verso sella Gerber

base di appoggio

$$P_3 = \left[(0,50 + 0,79) \cdot 0,5 \cdot 0,725 - 0,3441 \right] \cdot 2.500 \cdot 0,48 = 148 \text{ kg}$$

carico concentrato a m. 0,35 dall' asse appoggio spalla

raccordo di testata fra le sezioni F e G

$$P_4 = (0,5852 - 0,4101) \cdot 0,20 \cdot 2.500 \cdot 0,5 = 44 \text{ kg}$$

Carico concentrato a m. - 0,085 dall'asse appoggio spalla
setto di testata fondo trave

$$P_5 = [(0,92 + 0,412) \cdot 0,5 \cdot 1,27 + (0,412 + 0,34) \cdot 0,5 \cdot 0,03] \cdot 0,73 \cdot 2.500 = 1.564 \text{ kg}$$

Carico concentrato a m. 8,75 dall'asse appoggio pila
setto intermedio in mezzeria luce appoggiata

$$P_6 = [(0,92 + 0,412) \cdot 0,5 \cdot 1,27 + (0,412 + 0,34) \cdot 0,5 \cdot 0,03] \cdot 0,24 \cdot 2.500 = 514 \text{ kg}$$

carico concentrato in asse appoggio pila

$$P_7 = [(0,232 + 0,7) \cdot 0,5 \cdot 1,17 + (0,232 + 0,16) \cdot 0,5 \cdot 0,03] \cdot 0,275 \cdot 2.500 = 379 \text{ kg}$$

4.2) Peso della soletta

$$p_s = 0,260 \cdot 0,220 \cdot 2.500 = 1.300 \text{ kg/m}$$

4.3) Peso dei traversi

4.3.1) Traverso sulla sella Gerber

Trave centrale

$$p'_{t1} = [1,08 \cdot 0,11 + 1,328 \cdot 0,08 + 1,643 \cdot 0,335] \cdot 0,375 \cdot 2500 = 727 \text{ kg}$$

Trave laterale

$$p''_{t1} = 727 / 2 = 363 \text{ kg}$$

4.3.2) Traverso sulla pila

Trave centrale

$$p'_{t2} = [1,08 \cdot 0,11 + 1,328 \cdot 0,08 + 1,788 \cdot 1,06] \cdot 0,30 \cdot 2.500 = 1.590 \text{ kg}$$

Trave laterale

$$p''_{t2} = 1.590 / 2 = 795 \text{ kg}$$

4.3.3) Traverso in campata in mezzaria della luce fra gli appoggi

Trave centrale

$$P'_{t3} = 1.590 \text{ kg}$$

Trave laterale

$$P''_{t3} = 1.590 / 2 = 795 \text{ kg}$$

4.3.4) Traverso sulla spalla

Trave centrale

$$P'_{t4} = \left[1,08 \cdot 0,11 + 1,328 \cdot 0,08 + 1,838 \cdot 1,31 \right] \cdot 0,75 \cdot 2.500 = 4.937 \text{ kg}$$

Trave laterale

$$P''_{t4} = 4.937 / 2 = 2.468 \text{ kg}$$

4.4) Pavimentazione e finiture

$$p_p = (6 \cdot 220 + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,20 \cdot 2.500 + 60) / 3 = 660 \text{ kg/m}$$

5) SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

Si considerano i sovraccarichi previsti dalla circolare ministeriale n. 384 del 14/2/1962.

Per quanto riguarda la ripartizione dei carichi accidentali si valuterà l'incremento sulla trave di bordo con la formula del Courbon - Engesser.

$$K_{iJ} = \frac{1}{n} \left[1 + \frac{6 \cdot e}{(n+1) \cdot a} \right]$$

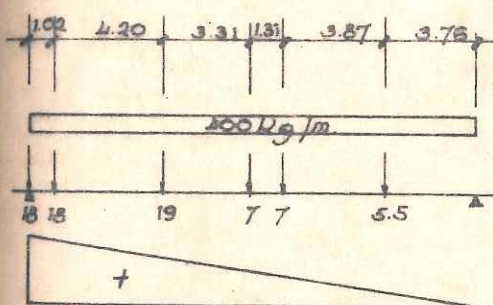
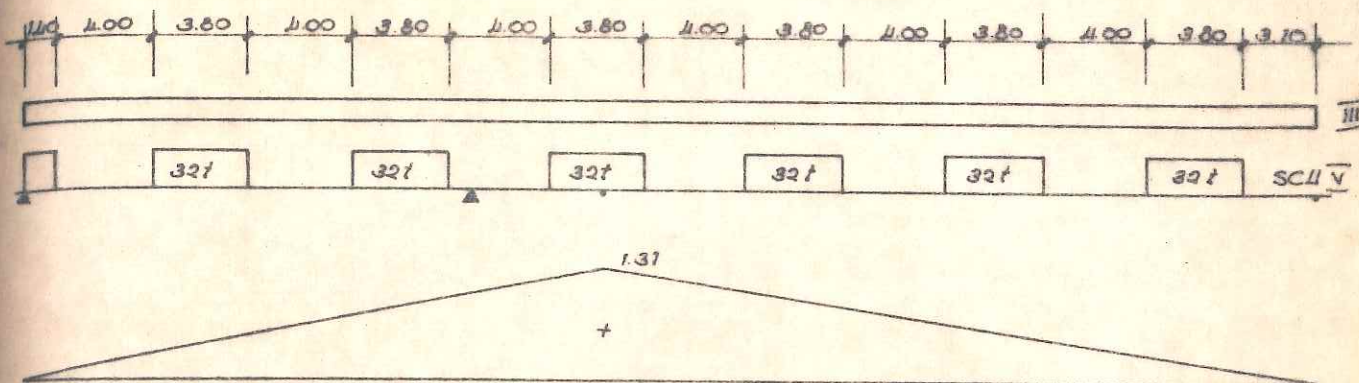
$$\text{Folla sul marciapiede} \quad K_{1F} = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{6 \cdot 3,50}{4 \cdot 2,60} \right] = 1,01$$

$$\text{schema militare} \quad K_{1M} = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{6 \cdot 1,25}{4 \cdot 2,60} \right] = 0,57$$

$$\varphi = \frac{1 + (100 - 17,50)^2}{100 (250 - 17,50)} = 1,293$$

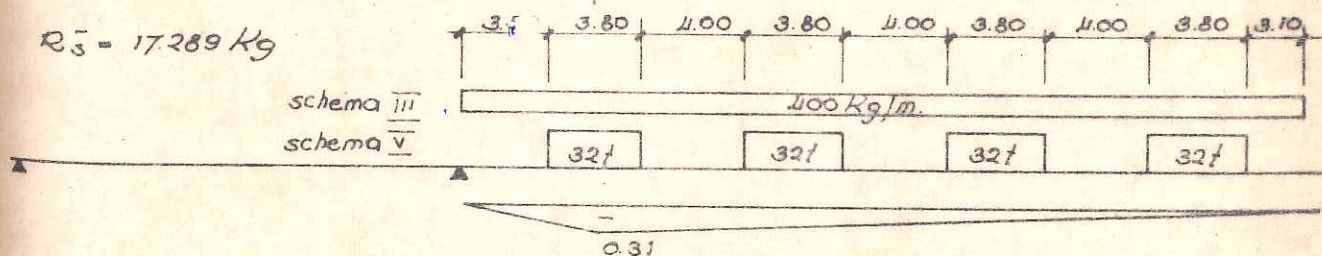
Si verifica la trave nelle seguenti sezioni

- Sezione A a 4,83 m dall'asse appoggio pila (lato gerber)
- Sezione B a 4,63 m dall'asse appoggio pila (lato gerber)
- Sezione C a 0,00 m asse appoggio pila
- Sezione D a 3,60 m asse appoggio pila
- Sezione E a 8,75 m asse appoggio pila
- Sezione F a 16,99 m asse appoggio pila
- Sezione G a 17,19 m asse appoggio pila



SCHEMA III $R_s^+ = 45931 \text{ Kg}$
SCHEMA VI

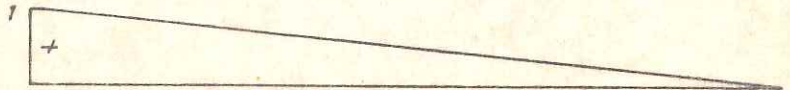
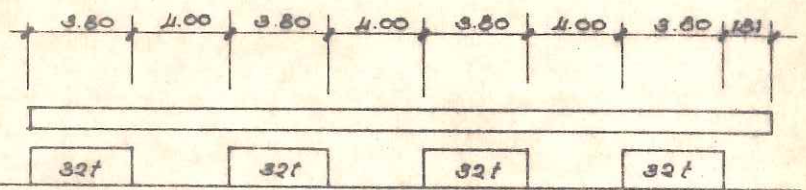
$R_s^- = 17289 \text{ Kg}$



$$T_A = 53611 \text{ Kg}$$

$$M = 30347 \text{ Kg m.}$$

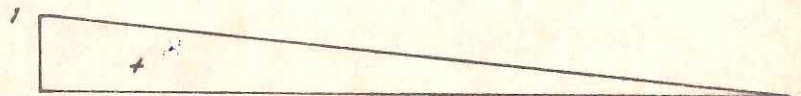
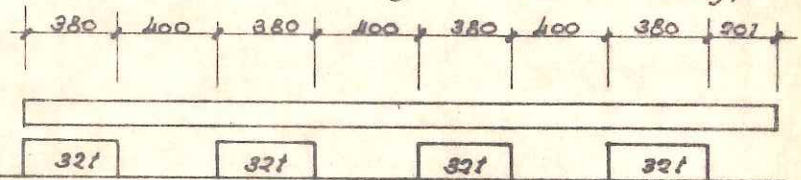
SEZIONE A



SEZIONE B

$$T_B = 54286 \text{ Kg}$$

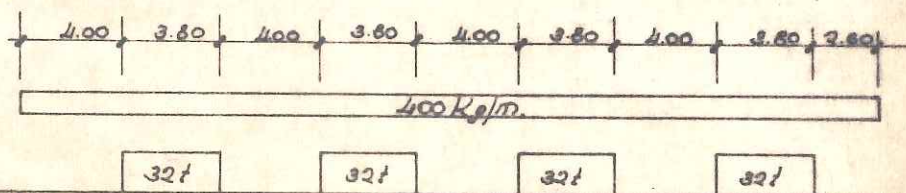
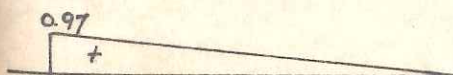
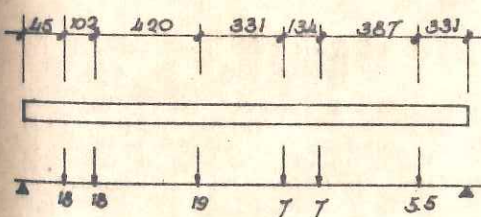
$$M_B = 40.298 \text{ Kg/m.}$$



$$T_F^+ = 44278 \text{ Kg}$$

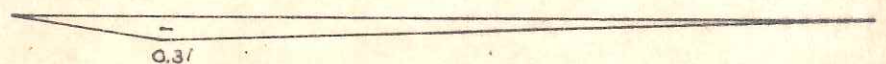
$$M^+ = 19925 \text{ Kg/m.}$$

SEZIONE F



$$T_F^- = 17.171 \text{ Kg}$$

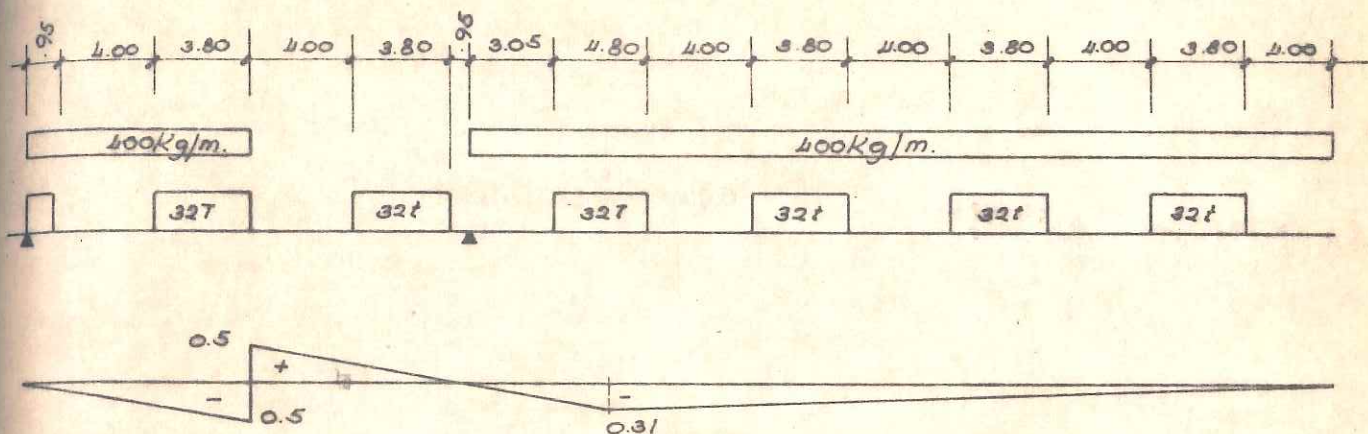
$$M_F^- = 7.727 \text{ Kg/m.}$$



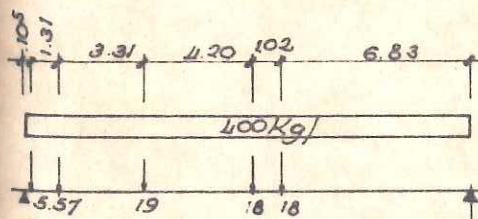
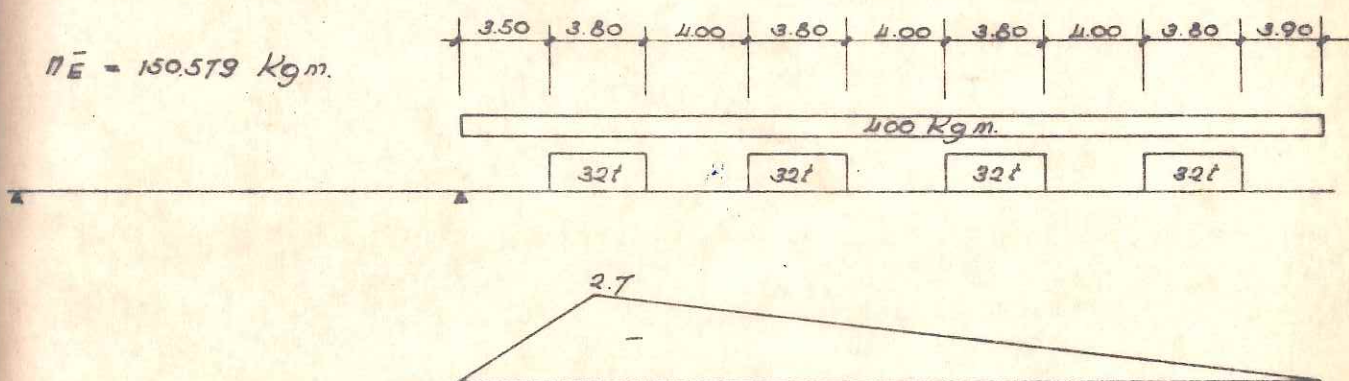
SEZIONE E

$$T_E = 18908 \text{ Kg}$$

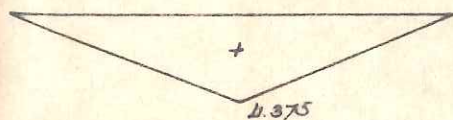
$$\pi^+ = 42,559 \text{ Kg/m.}$$

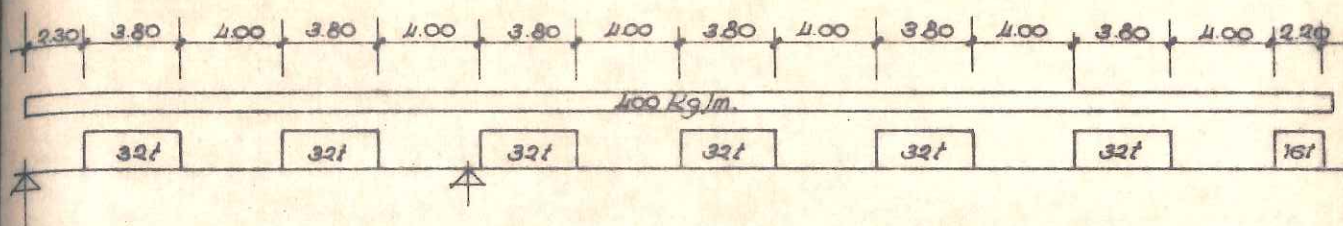


$$\pi^- = 150,579 \text{ Kg m.}$$



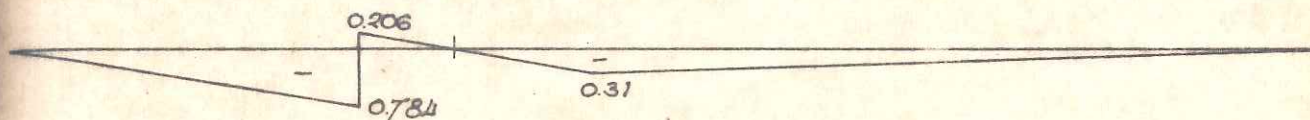
$$\pi^+ = 164,343 \text{ Kg m.}$$



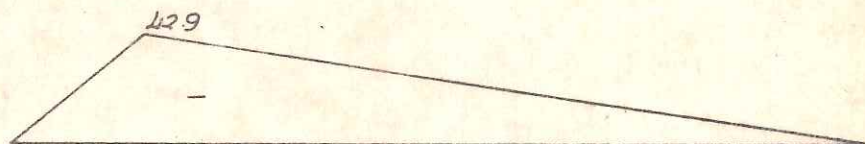
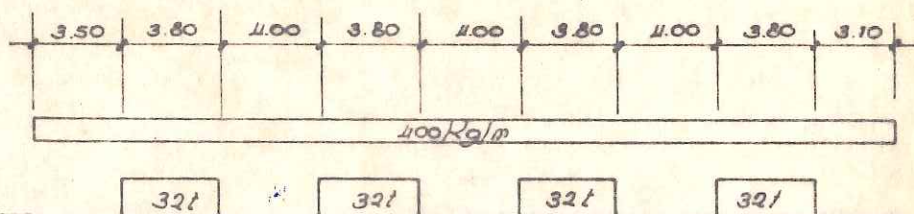


$$T_D = 42009 \text{ Kg}$$

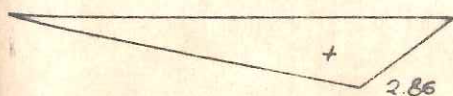
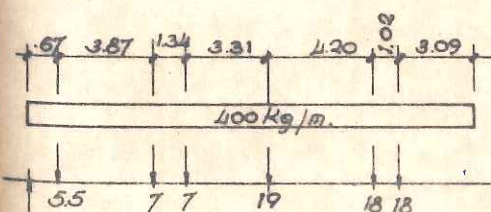
$$\pi_D = -123754 \text{ Kg/m.}$$



$$\pi_D^- = 239.147 \text{ Kg/m.}$$

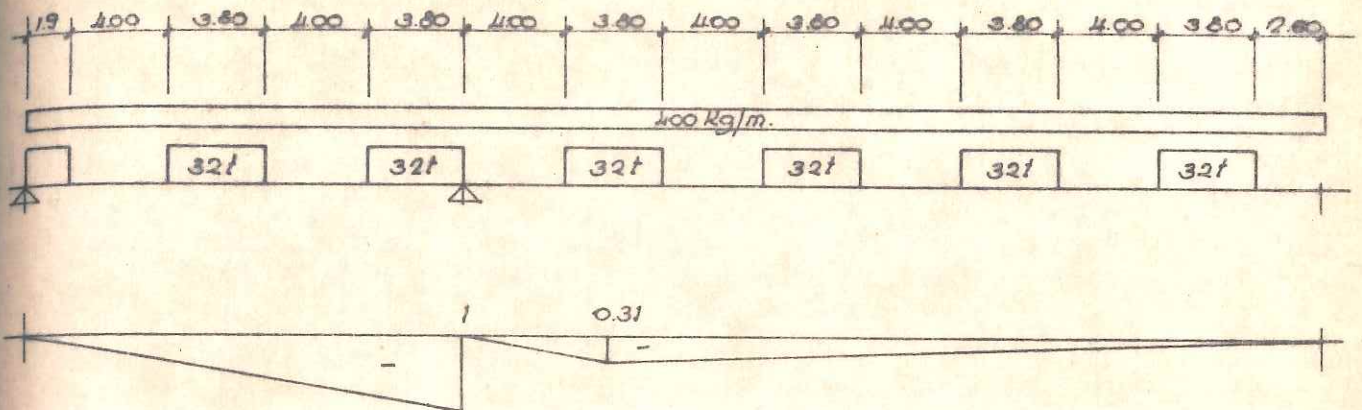


$$\pi_D^+ = 124.903 \text{ Kg/m.}$$



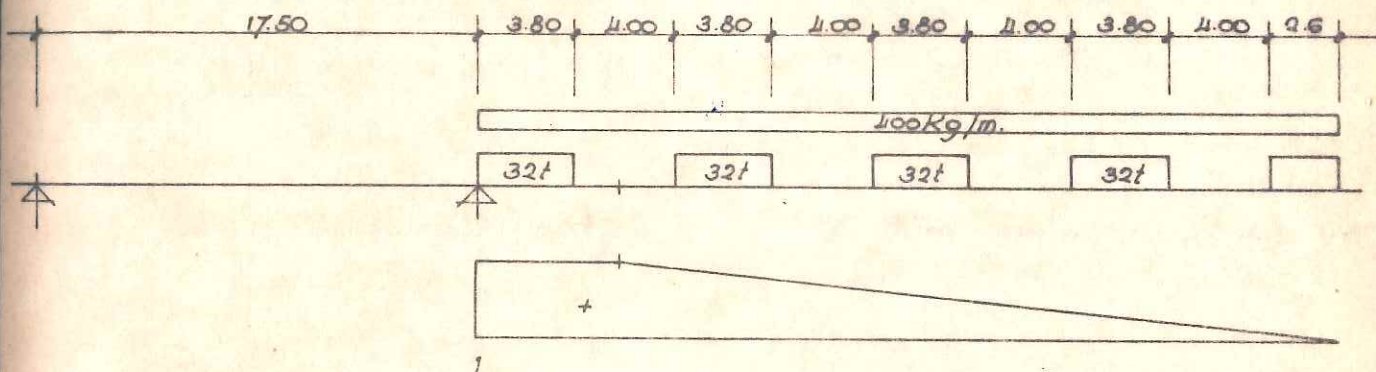
$$\tau_c^S = 54033 \text{ kg}$$

$$\pi_c = 280025 \text{ kg/m.}$$

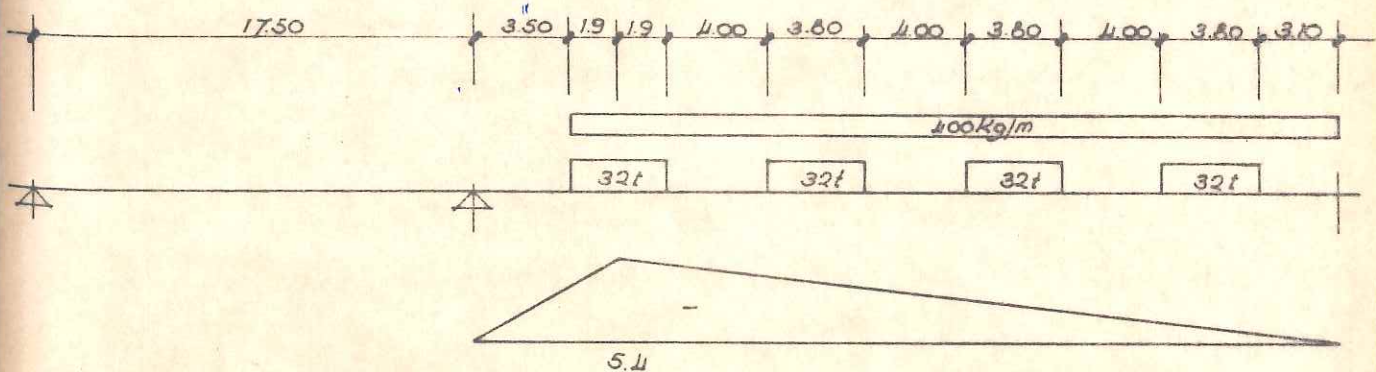


$$\tau_c^D = 68356 \text{ kg}$$

$$\pi_c = 299568 \text{ kg/m.}$$



$$\pi_c = 301.195 \text{ kg/m.}$$



6) VERIFICA

6.1) Verifica a flessione delle sezioni

6.1.1) Fase di esecuzione e di esercizio

- a) Varo travi campata laterale
- b) getto traversi campata laterale e bloccaggio travi sulla spalla
- c) Varo travi campata centrale
- d) getto soletta e traversi sulla campata centrale
- f) getto soletta sulla campata laterale
- g) tiro ed iniziazione cavi
- h) pavimentazione su tutte le campate
- i) carichi accidentali

	REAZIONI		SFORZI TAGLIANTI							
	R _S	R _P	T _A	T _B	T _C ^D	T _C ^S	T _D	T _E	T _F	T _G
FASI DI LAVORAZIONE										
Varo travi campata laterale	10.111	20.269	1.818	1.990	8.103	-11.787	- 6.720	- 928	7.580	7.829
Getto traversi camp. laterali	2.762	1.659	363	363	363	- 501	- 501	294	294	294
Varo travi campata centrale	- 5.250	22.264	17.014	17.014	- 5.250	- 5.250	- 5.250	- 5.250	-5.250	- 5.250
Getto traversi campata centrale	- 244	1.036	792	792	792	- 244	- 244	- 244	- 244	- 244
Getto soletta campata centrale	- 5.785	24.530	18.746	18.746	18.746	- 5.785	- 5.785	- 5.785	-5.785	- 5.785
Getto soletta campata laterale	10.982	19.048	468	728	6.995	-12.353	- 7.673	- 978	9.812	10.072
Stesa pavimentazione campata centr.	- 2.937	12.454	9.517	9.517	9.517	- 2.937	- 2.937	- 2.937	-2.937	- 2.937
Stesa pavimentazione campate laterali	5.576	9.670	238	370	3.399	- 6.271	- 3.895	- 496	4.982	5.114

	MOMENTI FLETTENTI						
	M _A	M _B	M _C	M _D	M _E	M _F	M _G
FASI DI LAVORAZIONE							
Varo travi campata laterale	- 595	- 978	- 22.602	9.884	36.445	3.294	1.753
Getto traversi campata laterale	- 69	- 142	- 1.808	- 8	2.573	132	74
Varo travi campata centrale	- 10.378	-13.781	- 91.875	-72.975	-45.938	- 2.363	- 1.313
Getto traversi+soletta camp. centrale	- 4.012	- 5.328	-105.505	- 83.809	-52.757	- 2.713	- 1.507
Getto soletta campata laterale	- 84	- 204	- 17.240	18.807	41.077	4.415	2.427
Stesa pavimentazione su tutto	- 5.848	- 7.813	- 60.144	- 31.327	- 4.837	920	495

TABELLA SOLLECITAZIONI DOVUTE AI SOVRACCARICHI

Momenti flettenti

SEZIONE	A	B	C	D	E	F	G
Momento max	-	-	-	124.903	164 343	20.044	11.292
Momento min	- 30.347	- 402.298	-301.195	-239.147	-150.597	- 7.745	- 4.303

Sforzi taglianti Max e momenti flettenti relativi

SEZIONE	A	B	C _D	C _S	D	E	F	G
Taglio max	+ 53.611	+54.286	+ 68.356	-54.033	-42.009	+ 18.908	+ 44.278	+45.017
Momento flett.	- 30.347	-40.298	-299.568	-280.025	-123.754	+42.559	+19905	+11.254

6.1.2) Sollecitazioni

Trave

Precompressione (trefoli e cavi) + carichi

$$\sigma_s = \frac{N_{pr}}{A_i} + \frac{N_{pr}}{W_s} + \frac{\Delta M_c}{W_s}$$

$$\sigma_i = \frac{N_{pr}}{A_i} + \frac{N_{pr}}{W_i} + \frac{\Delta M_c}{W_i}$$

Soletta

- Precompressione (solo cavi) + carichi (permanenti + accidentali)

$$\sigma_o = \left[\frac{N_{pr}}{A_i} + \frac{N_{pr}}{W_s} + \frac{M_c}{W_s} \right] 0,85$$

$$\sigma_s = \left[\frac{N_{pr}}{A_i} + \frac{N_{pr}}{W_s} + \frac{M_c}{W_i} \right] 0,85$$

7) PRECOMPRESSIONE

La precompressione e' prevista con il sistema misto di trefoli pretesi aderenti che saranno allogati nella trave e con dei cavi scorrevoli tesati ad avvenuta maturazione della soletta. Ai trefoli pretesi e' affidata la resistenza nelle fasi di esecuzione, trasporto, e varo e montaggio del manufatto compreso il getto delle solette.

Le sollecitazioni indotte dalla pavimentazione e dai carichi accidentali saranno assorbite dalla precompressione dei trefoli della trave n. 4 cavi 24 ϕ 7 della sezione trave + soletta.

Sezione C

Cadute di tensione 5/11/1971 e 30/5/1972.

7.1) Trefoli aderenti da ϕ 1/2"

$$R_{ak} = 180 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_a = 20.000 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_c = 4.220 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{- tensione di tiro} \quad \sigma_{api} = 130 \text{ kg/mm}^2 < 0,75 R_{ak}$$

$$\text{- tensione ammissibile finale} \quad \sigma_{ap} = 0,60 \cdot R_{ak} = 108 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{- rilassamento acciaio prima del taglio dei trefoli} \quad 5 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{- tensione al taglio dei trefoli} \quad \sigma_{apt} = 130 - 5 = 125 \text{ kg/mm}^2$$

- rilassamento a tempo indefinito

$$\Delta \sigma_r^\infty = 0,18 \cdot 0,75 \cdot 180 \left(\frac{130 - 0,5 \cdot 180}{0,25 \cdot 180} \right)^2 = 19,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{- ritiro} \quad \Delta \sigma_r = 0,3 \cdot E_a \cdot 10^{-3} = 6,0 \text{ kg/mm}^2$$

- fluage

tensioni nel baricentro armature ($y_{as} = 32,60 \text{ cm}$)

precompressione iniziale $\sigma = 85,58 \text{ kg/cm}^2$

peso trave $\sigma = -4,4 \text{ kg/cm}^2$

$$\underline{81,18 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\Delta\sigma_{af} = 2,3 \cdot 81,18 \cdot \frac{20.000}{4.220 \cdot 10^2} = 8,8 \text{ kg/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{arf} = 6,0 + 8,8 = 14,8 \text{ kg/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_r = \Delta\sigma_r^\infty \left(1 - \frac{0,5 \cdot \Delta\sigma_{arf}}{\sigma_{api}} \right) = 19,2 \left(1 - \frac{2,5 \cdot 14,8}{130} \right) = 13,8 \text{ kg/mm}^2$$

tensione finale

$$\sigma_{ap} = 130 - 14,8 - 13,8 = 101,4 \text{ kg/cm}^2$$

7.2) Cavi n. 4 da 24 ϕ 7

$$R_{ak} > 165 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_a = 20.000 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_{tAs} = 3.500 \text{ kg/mm}^2$$

- tensione di tiro $\sigma_t = 120 \text{ kg/mm}^2$

- tensione ammissibile finale $\sigma_{ap} < 0,60 R_{ak} = 99,0 \text{ kg/mm}^2$

- cadute di tensione per attrito lineare ed in curva

$$\sigma_{api} = \sigma_t (1 - 0,003 l_x - 0,3 d_r(x))$$

- lunghezza cavi $l = 23,17 \text{ m}$

$$\sigma_{api} = 120 (1 - 0,003 \cdot 13,10) = 111,58 \text{ kg/mm}^2$$

Alla sezione C $\sigma_{api} = 113,54 \text{ kg/cm}^2$

- cadute di tensione differite

- fluage

tensioni a livello dei cavi

precompressione iniziale

$$\sigma = 73,45 \text{ kg/cm}^2$$

peso pavimentazioni

$$\sigma = -9,51 \text{ kg/cm}^2$$

$$63,94 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta \sigma_{af} = 2,0 \cdot 63,94 \cdot \frac{20.000}{3.500 \cdot 10^2} = 7,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{- ritiro } \Delta \sigma_{ar} = 0,00025 \cdot E_a \cdot 10^{-3} = 5,0 \text{ kg/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{arf} = 5,0 + 7,31 = 12,31 \text{ kg/mm}^2$$

- rilassamento a tempo indefinito (a favore di stabilit  si assume

$$\sigma_i = 113,54 \text{ kg/mm}^2)$$

$$\Delta \sigma_r = 0,15 \cdot 0,75 \cdot 165 \left(\frac{113,54 - 0,5 \cdot 165}{0,25 \cdot 165} \right) = 10,5 \text{ kg/mm}^2$$

$$\Delta \sigma'_r = 10,5 \left(1 - \frac{2,5 \cdot 12,31}{113,54} \right) = 7,65 \text{ kg/mm}^2$$

Tensione finale «

$$\sigma_{ap} = 113,54 - 12,31 - 7,65 = 93,58 \text{ kg/mm}^2$$

7.3) Cadute di tensione nei trefoli per effetto della precompressione finale dei cavi

66

- precompressione nel baricentro trefoli $= 39,44 \text{ kg/mm}^2$

$$\Delta \sigma_{tc} = 39,44 \cdot \frac{20.000}{3.500 \cdot 10^2} = 2,25 \text{ kg/mm}^2$$

Analogamente a quanto fatto per la sezione B si ricavano per le 6 altre sezioni le σ e $\Delta \sigma$ i cui valori sono riassunti nella ta-
bella seguente.

7.4) Tensioni iniziali e finali dei trefoli nelle sezioni di verifica

	TREFOLI					
	C	D	E	F	G	B
σ_{api}	130	130	130	130	130	130
$\Delta \sigma_{arf}$	14,8	19,28	17,84	18,36	14,64	11,63
σ_r	13,8	12,08	12,61	12,42	13,20	14,91
σ_{ap}	101,4	98,64	99,55	99,22	101,56	103,46
$\Delta \sigma_{tc}$	2,25	2,10	1,56	0,68	0,58	0,17

Tensioni iniziali e finali dei cavi nelle sezioni di verifica

	Cavo ($\sigma_t = 120 \text{ kg/mm}^2$)					
	C	D	E	F	G	B
$0,003 L_x$	0,0539	0,0431	0,0276	0,0027	0,0021	0,0676
$0,3 d_r(x)$	-	-	-	-	-	-
$\Delta \sigma_{api}$	113,54	114,83	116,69	119,68	119,75	111,89
$\Delta \sigma_{arf}$	12,31	14,03	14,79	15,10	14,59	14,53
$\Delta \sigma_r$	7,65	7,92	8,73	10,32	10,53	6,36
σ_{ap}	93,58	92,88	93,23	94,26	94,63	91,00

	SEZIONE C		SEZIONE D		SEZIONE E		SEZIONE F	
	I ^A FASE	II ^A FASE	I ^A FASE	II ^A FASE	I ^A FASE	II ^A FASE	I ^A FASE	II ^A FASE
Trefoli								
A_p (mm ²)	3.437,3	3.437,3	3.623,1	3.623,1	3.623,1	3.623,1	3.623,1	3.623,1
σ_{api} (kg/mm ²)	125	101,43	125	98,64	99,55	125	99,22	99,22
N (kg)	429.663	348.645	452.888	357.383	360.680	452.888	359.484	359.484
e (cm)	+ 32,6	+ 32,6	+ 20,02	+ 20,02	+ 6,57	+ 6,57	- 15,10	- 15,10
$N \cdot e$ (kg/cm ²)	14.006.998	11.365.838	9.066.808	7.154.799	2.369.665	2.975.471	- 6.838.601	- 5.428.208
$\frac{N}{A_p}$ (kg/cm ²)	58,34	47,34	104,97	82,83	83,60	104,97	83,32	83,32
$\frac{N \cdot e}{W_s}$ (kg/cm ²)	60,09	48,76	56,77	44,80	15,07	18,93	- 43,43	- 34,47
$\frac{N \cdot e}{W_i}$ (kg/cm ²)	- 65,28	- 52,97	- 57,37	- 45,28	- 15,00	- 18,83	42,13	33,44

	SEZIONE G		SEZIONE B		SEZIONE		SEZIONE	
	I [^] FASE	II [^] FASE	I [^] FASE	II [^] FASE	I [^] FASE	II [^] FASE	I [^] FASE	II [^] FASE
Trefoli								
A_p (mm ²)	3.623,1	3.623,1	1.114,8	1.114,8				
σ_{api} (kg/mm ²)	125	101,56	125	103,46				
N (kg)	452.888	367.962	139.350	115.337				
e (cm)	- 12,46	- 12,46	- 28,49	- 28,49				
$N \cdot e$ (kg/cm ²)	-5.642.978	-4.584.807	-3.970.082	- 3.285.957				
$\frac{N}{A_p}$ (kg/cm ²)	74,66	60,66	39,48	32,68				
$\frac{N \cdot e}{W_s}$ (kg/cm ²)	- 30,06	- 24,43	-29,15	- 24,13				
$\frac{N \cdot e}{W_i}$ (kg/cm ²)	26,78	21,76	33,40	27,65				

	SEZIONE C		SEZIONE D		SEZIONE E		SEZIONE F		SEZIONE G		SEZIONE B	
	iniz.	finale	iniz.	finale	iniz.	finale	iniz.	finale	iniz.	finale	iniz.	finale
A_c (mm ²)	3.692	3.692	3.692	3.692	3.692	3.692	3.692	3.692	3.692	3.692	3.692	3.692
σ (kg/mm ²)	113,54	93,58	114,83	92,88	116,69	93,23	119,68	94,26	119,75	94,63	111,89	91,00
N (kg)	419.190	345.497	423.952	342.913	430.812	344.205	441.859	348.008	442.117	349.374	413.098	335.972
e (kg)	+ 54,85	+ 54,85	+ 45,73	+ 45,73	46,04	46,04	46,54	46,54	55,67	55,67	39,28	39,28
$N \cdot e$ (kg/cm ²)	22992554	18950530	19378341	15681410	19834929	15847206	20564097	16196289	24612653	19449648	16226485	13196980
$\frac{N}{A_i}$ (kg/cm ²)	37,08	30,57	51,65	41,77	52,48	41,93	53,83	42,40	44,27	34,98	55,70	45,30
$\frac{N \cdot e}{W_o}$ (kg/cm ²)	41,67	34,35	38,30	30,98	39,24	31,35	40,31	31,75	45,25	35,76	34,99	28,45
$\frac{N e}{W_s}$ (kg/cm ²)	28,41	23,42	24,04	19,45	24,72	19,75	25,53	20,11	31,04	24,53	20,16	16,40
$\frac{N e}{W_i}$ (kg/cm ²)	- 71,04	- 58,56	- 82,87	- 67,03	- 84,21	- 67,28	- 85,34	- 67,21	- 75,58	- 59,72	- 91,03	- 74,03

SEZIONE B

Prec. iniz. trefoli		Pr. fin. tref.		Fase a		Fase b		Fase c		Fase d		Fase f		Tiro avi				I° caute tens. tref.			
σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i
10,33	72,88	8,55	60,33	7,83	61,15	7,73	61,27	-2,39	72,86	-6,30	77,34	-6,45	77,51	77,09	64,48	69,41	42,18	77,09	64,47	69,40	42,08

Pre. finale tavi				fase h				accidentali			
σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i
62,69	52,44	55,24	48,68	61,26	51,61	54,27	53,06	55,70	48,40	50,50	54,77

SEZIONE C

Prec. iniz. trefoli	Pr. fin. tref.			Fase a			Fase b			Fase c			Fase d			Fase f			Tiro cavi			I° caute tens. tref.		
	σ_s	σ_i	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	$\sigma_{s'}$
11843-6,94	96,10	-5,63	86,40	4,90	85,63	5,74	46,22	48,56	0,96	97,73	-6,44	105,76	66,94	55,67	59,05	71,80	66,31	55,06	58,33	71,20				

Prec. finale cavi						fase h						accident. mom. min.					
σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_i		
54,55	45,28	46,83	77,7	45,28	38,96	39,40	95,75	1,12	7,32	2,18	188,82						

SEZIONE D

Prec. iniz. trefoli	Pr. fin. tref.		Fase a		Fase b		Fase c		Fase d		Fase f		Tiro cavi				2 ^a cadute tens. tref.			
	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_s	σ_o	σ_s	σ_i	σ_s
161,7447,60	127,63	37,55	13382	3130	13381	31,3188,12	77,4935,65	13052	47,43	11862	76,46	64,341231287,40	75,93	63,72	22,3985,79					

Prec. finale cavi				fase h				accide. mom. max				Accide. mom. min.			
σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_i
61,31	51,42	107,92	91,75	56,05	48,12	10404	105,14	7702	61,29	119,5351,75	15,90	2291	74,38	20738	

SEZIONE E

Pre. iniz. trefoli	Pr. fin. tref.		Fase a		Fase b		Fase c		Fase d		Fase f		Tiro avi				I° caute tens. tref.			
	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_i
12390 86,14	98,67	68,60	121,85	45,54	12349	4391	94,27	72,98	6071	10637	8684	8038	7796	6562	16404	4865	7770	6524	16359	4713

Pre. finale cavi				fase h				Acc. mom. max.				Acc. mom. max			
σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o
6203	5205	14807	5351	6122	5154	14747	5556	8886	6895	16795	1421	3589	3559	12870	11949

SEZIONE F

Prec. iniz. trefoli	Pr. fin. tref.		Fase a		Fase b		Fase c		Fase d		Fase f		Tiro cavi				I° cadute tens. tref.			
	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i		
6154 14710	4885	11676	5094	11478	5102	11465	4952	11611	4780	11778	5060	11506	8002	6746	12996	8355	7999	6735	12983	8257

Prec. finale cavi				fase h				Accid. mom. max				Acciden. mom. min			
σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_s	σ_i	σ_o	σ_i
6300 5302	11298	8937	6315	5312	11309	8899	6649	5524	11558	8067	6186	5230	11213	9220	

SEZIONE G

Prec. iniz. trefoli	Pr. fin. tref.		Fase a		Fase b		Fase c		Fase d		Fase f		Tiro avi			I° Cadute ten. tref.		
	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_s	σ_i	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_s	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_i
44,60	10144	3623	8242	3716	8159	3720	8155	3650	8217	3570	8289	3699	81,74	7609	6401	11230	5043	7606
																6394	11222	4991

Prec. finale cavi		fase h			Accid. mom. max			Accid. mom. min.		
σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_i	σ_s	$\sigma_{s'}$	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_i	σ_o	$\sigma_{s'}$	σ_i
60,10	5051	9642	5648	6018	5056	9648	5633	6194	5177	9790
								5951	5010	9594
										5765

8) CALCOLO ARMATURA SUSSIDIARIA LONGITUDINALE

Oltre alle armature correnti longitudinali al lembo inferiore e al lembo superiore non si prevedono altre armature poiche' gli sforzi di trazione indotti in tutte le fasi e in tutte le sezioni per le varie condizioni di carico sono inferiori al valore di $0,03 R'_{bk}$

9) VERIFICHE A ROTTURA E A FESSURAZIONE9.1) Verifica della luce fra gli appoggi "E"

Momento di rottura

$$M_r = 247.263 \text{ kgm}$$

Momento di fessurazione

$$M_f = 295.877 \text{ kgm}$$

Momento di esercizio

$$M_e = 140.906 \text{ kgm}$$

Momento di esercizio

$$M_e = 140.906 \text{ kgm}$$

Rapporto di rottura

$$\eta_r = 1,755$$

Rapporto di fessurazione

$$\eta_f = 2,100$$

9) VERIFICA IN ASSE APPOGGIO PILA

Momento di rottura

$$M_r = - 969.659 \text{ kgm}$$

Momento di fessurazione

$$M_f = - 697.245 \text{ kgm}$$

Momento di esercizio

$$M_e = - 361.339 \text{ kgm}$$

Momento di esercizio

$$M_e = - 361.339 \text{ kgm}$$

Rapporto di rottura

$$\eta_r = 2,68$$

Rapporto di fessurazione

$$\eta_f = 1,930$$

10) Verifiche al taglioa) Determinazione delle τ

$$\tau_i = T_i \cdot \frac{S}{J b}$$

b) determinazione delle tensioni principali

$$\sigma = \frac{\sigma_n}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2} = \begin{cases} \sigma_c \\ \sigma_t \end{cases}$$

c) determinazione delle armature

trave $A_{st} = \frac{\tau \cdot b \cdot 100 \operatorname{tg} \beta}{2.200}$

soletta $A_{st} = \frac{\tau \cdot b \cdot 100}{2.200}$

SEZIONE: B		ΔT	S/y_b	$\Sigma \tau$	σ_n	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	kg/cm^2	kg/cm^2	$kg\beta = \frac{\sigma_c}{\tau}$	$A_{st} = \frac{\tau \cdot b \cdot 100000}{\sigma_{sc}}$	A_{st}
Fase	Fibra	kg	cm ⁻²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	cm ² /m	n°/m		
a b	- contatto trave soletta											
	- attacco anima superiore	1.990	0,000401	-0,73	14,51	- 0,04	14,55	0,0501	0,03			
	- baricentro trave + soletta	363	0,000442	-0,80	17,44	- 0,04	17,48	0,0457	0,03			
	- baricentro sola trave	-4.172	0,000538	-0,98	32,68	- 0,03	32,71	0,0298	0,02			
	- attacco anima inferiore	-1.819	0,000300	-0,55	56,63	- 0,01	56,64	0,0096	-			
c d	- contatto trave soletta											
	- attacco anima superiore	17.014	0,000401	13,93	4,29	-11,95	16,24	0,8577	8,69			
	- baricentro trave + soletta	792	0,000442	15,35	8,87	-11,54	20,41	0,7519	8,39			
	- baricentro sola trave	18.746	0,000538	18,69	32,68	-8,49	41,17	0,4540	6,17			
	- attacco anima inferiore	36.552	0,000300	10,42	70,09	- 1,52	71,61	0,1455	1,10			
f	- contatto trave soletta											
	- attacco anima superiore		0,000401	14,22	4,18	-12,28	16,46	0,8637	8,93			
	- baricentro trave + soletta	728	0,000442	15,67	8,77	- 11,89	20,66	0,7585	8,64			
	- baricentro sola trave		0,000538	19,08	32,68	- 8,78	41,46	0,4601	6,38			
	- attacco anima inferiore		0,000300	10,64	70,23	- 1,58	71,81	0,1481	1,15			
g h i	- contatto trave soletta		0,000141	9,02					20,08			
	- attacco anima superiore	9.517	0,000484	45,28	51,04	- 26,46	77,50	0,5842	19,24			
	- baricentro trave + soletta	370	0,000485	46,80	51,27	- 27,73	79,00	0,5924	20,16			
	- baricentro sola trave	64.286	0,000442	47,44	52,49	- 27,97	80,46	0,5896	20,34			
	- attacco anima inferiore	64.173	0,000205	23,79	54,40	- 8,94	63,34	0,3756	6,50			

SEZIONE: C _D		ΔT	S/y_b	$\Sigma \tau$	σ_n	$\sigma_t = \frac{\sigma_n}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$\sigma_t = \frac{\sigma_n}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$k\beta = \frac{\sigma_t}{\tau}$	$A_{st} = \frac{\tau \cdot b \cdot 100 k\beta}{2800}$	A_{st}
Fase	Fibra	kg	cm ⁻²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		cm ² /m	n°/m
a	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	8.103	0,000145	0,11	75,51	-	75,51	0,0009	-	
	- baricentro trave + soletta	363	0,000207	0,16	62,81	-	62,81	0,0025	-	
	- baricentro sola trave	- 7.673	0,000232	0,18	47,34	-	47,34	0,0033	-	
	- attacco anima inferiore	793	0,000171	0,14	23,32	-	23,32	0,0057	-	
c	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	17.014	0,000145	5,42	13,22	- 1,94	15,16	0,3575	3,52	
	- baricentro trave + soletta	792	0,000207	7,73	28,60	- 1,94	30,56	0,2529	3,55	
	- baricentro sola trave	18.746	0,000232	8,66	47,34	- 1,53	48,87	0,1771	2,79	
	- attacco anima inferiore	36.552	0,000171	6,39	76,44	- 0,53	76,97	0,0830	0,96	
f	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	6.995	0,000145	6,43	7,77	- 3,63	11,40	0,5641	6,59	
	- baricentro trave + soletta		0,000207	9,18	25,61	- 2,95	28,56	0,3214	5,36	
	- baricentro sola trave		0,000232	10,29	47,33	- 2,14	49,47	0,2079	3,89	
	- attacco anima inferiore		0,000171	7,58	81,08	- 0,70	81,78	0,0926	1,28	
g	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	9.517	0,000192	22,03	25,93	-13,60	38,53	0,5718	22,93	
	- baricentro trave + soletta	3.399	0,000201	25,51	55,49	- 9,95	65,44	0,3898	18,08	
	- baricentro sola trave	68.356	0,000189	25,65	91,49	- 6,70	98,19	0,2612	12,18	
	- attacco anima inferiore	81.272	0,000122	17,50	147,41	- 2,05	149,46	0,1170	3,72	
h	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore		0,000085	6,91						
	- baricentro trave + soletta		0,000192	22,03	25,93					
	- baricentro sola trave		0,000201	25,51	55,49					
	- attacco anima inferiore		0,000189	25,65	91,49					
i	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore		0,000122	17,50	147,41					
	- baricentro trave + soletta									
	- baricentro sola trave									
	- attacco anima inferiore									

SEZIONE: C _S		ΔT	S/y_b	$\Sigma \tau$	σ_n	$\sigma_t = \frac{\sigma_n}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$\lg \beta = \frac{\sigma_t}{\tau}$	$A_{st} = \frac{\tau \cdot b \cdot d \cdot \lg \beta}{2800}$	A_{st}
Fase	Fibra	kg	cm ⁻²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		cm ² /m	n°/m
a	- contatto trave soletta	-11.787	0,000145	-0,33	75,51	-	75,51	0,0042	-	
	- attacco anima superiore	- 501	0,000207	-0,47	62,81	-	62,81	0,0074	-	
	- baricentro trave + soletta	9.996	0,000232	+0,53	47,34	- 0,01	47,34	0,0111	0,01	
	- baricentro sola trave	-2.292	0,000171	-0,39	23,32	- 0,01	23,32	0,0166	0,01	
	- attacco anima inferiore									
c	- contatto trave soletta	- 5.250	0,000145	-1,97	13,22	- 0,29	13,51	0,1458	0,52	
	- attacco anima superiore	- 244	0,000207	-2,81	28,60	- 0,27	28,87	0,0972	0,50	
	- baricentro trave + soletta	- 5.785	0,000232	-3,15	47,34	- 0,21	47,55	0,0662	0,38	
	- baricentro sola trave	-11.279	0,000171	-2,32	76,44	- 0,07	76,51	0,0303	0,13	
	- attacco anima inferiore									
f	- contatto trave soletta								2,77	
	- attacco anima superiore		0,000145	-3,76	7,77	- 1,52	9,29	0,4046	1,96	
	- baricentro trave + soletta	-12.353	0,000207	-5,37	25,61	- 1,08	26,69	0,2011	1,36	
	- baricentro sola trave		0,00232	-6,01	47,33	- 0,75	48,08	0,1249	0,44	
	- attacco anima inferiore		0,000171	-4,43	81,08	-0,24	81,32	0,0544		
g	- contatto trave soletta								17,84	
	- attacco anima superiore	- 2.937	0,000192	-15,90	27,28	- 7,31	34,59	0,4596	13,29	
	- baricentro trave + soletta	- 6.271	0,000201	-18,08	55,50	- 5,37	60,87	0,2970	9,76	
	- baricentro sola trave	-54.033	0,000189	-17,97	89,86	- 3,46	93,32	0,1925	6,29	80
	- attacco anima inferiore	-63.251	0,000122	-12,15	143,28	- 1,02	144,25	0,0842	1,86	

SEZIONE: D		ΔT	S/γ_b	$\Sigma \tau$	σ_n	$\sigma_t^2 \frac{\sigma_n}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$\gamma \beta = \frac{\sigma_t}{\tau}$	$A_{st} = \frac{\tau \cdot b \cdot 100 \cdot k \beta}{2200}$	A_{st}
Fase	Fibra	kg	cm ⁻²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		cm ² /m	n°/m
a	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	- 6.720	0,000336	0,84	120,83	- 0,01	120,84	0,0069	0,01	
	- baricentro trave • soletta	- 501	0,000402	1,01	110,76	- 0,01	110,77	0,0091	0,01	
	- baricentro sola trave	9.724	0,000479	1,20	82,83	- 0,02	82,85	0,0144	0,01	
	- attacco anima inferiore	2.503	0,000364	0,91	47,03	- 0,02	47,05	0,0193	0,01	
c	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	- 5.250	0,000336	-2,95	47,67	- 0,18	47,85	0,0616	0,15	
	- baricentro trave • soletta	- 244	0,000402	-3,53	56,98	- 0,22	57,20	0,0616	0,18	
	- baricentro sola trave	- 5.785	0,000479	-4,20	82,83	- 0,21	83,04	0,0505	0,17	
	- attacco anima inferiore	-11.279	0,000364	-3,19	115,97	- 0,09	116,06	0,0274	0,07	
f	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore		0,000336	-5,53	56,45	- 0,54	56,99	0,0970	- 0,44	
	- baricentro trave • soletta	- 7.673	0,000402	-6,61	63,44	- 0,68	64,12	0,1030	0,56	
	- baricentro sola trave		0,000479	-7,88	82,84	- 0,74	83,58	0,0942	0,61	
	- attacco anima inferiore		0,000364	-5,99	107,70	- 0,33	108,03	0,0554	0,27	
g	- contatto trave soletta		0,000127	-6,21					14,39	
	- attacco anima superiore	- 2.937	0,000417	-25,89	97,47	- 6,45	103,92	0,2491	5,28	
	- baricentro trave • soletta	- 3.895	0,000421	-27,17	104,28	- 6,65	110,93	0,2449	5,44	
	- baricentro sola trave	-42.009	0,000389	-26,88	123,18	- 5,61	128,79	0,2087	4,59	
	- attacco anima inferiore	-48.841	0,000260	-18,69	147,41	- 2,33	149,74	0,1248	1,91	
h	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore									
	- baricentro trave • soletta									
	- baricentro sola trave									
	- attacco anima inferiore									
i	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore									
	- baricentro trave • soletta									
	- baricentro sola trave									
	- attacco anima inferiore									

SEZIONE: E		ΔT	S/y_b	$\Sigma \tau$	σ_n	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$\log \frac{\sigma_c}{\tau}$	$A_{st} = \frac{\tau \cdot b \cdot d \cdot \phi_{st}}{2800}$	A_{st}
Fase	Fibra	kg	cm ⁻²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		cm ² /s	n°/m
a	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	- 928	0,000342	3,14	113,41	- 0,09	113,50	0,0276	0,07	
	- baricentro trave + soletta	294	0,000409	3,75	105,43	- 0,13	105,56	0,0355	0,11	
	- baricentro sola trave	9.213	0,000478	4,39	83,60	- 0,23	83,83	0,0523	0,19	
	- attacco anima inferiore	9.179	0,000363	3,33	56,11	- 0,20	56,31	0,0591	0,16	
	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	-5.250	0,000342	-0,72	66,49	- 0,01	66,50	0,0106	0,01	
	- baricentro trave + soletta	- 244	0,00049	-0,86	71,07	- 0,01	71,08	0,0120	0,01	
	- baricentro sola trave	-5.785	0,000478	-1,00	83,60	- 0,01	83,61	0,0119	0,01	
	- attacco anima inferiore	-11.279	0,000363	-0,76	99,37	- 0,01	99,38	0,0076	0,01	
	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	- 978	0,000342	-1,05	86,02	- 0,01	86,03	0,0121	0,01	
	- baricentro trave + soletta		0,000409	-1,26	85,37	- 0,02	85,39	0,0146	0,01	
	- baricentro sola trave		0,000478	-1,47	83,60	- 0,03	83,63	0,0175	0,02	
	- attacco anima inferiore		0,000363	-1,12	81,37	- 0,02	81,39	0,0137	0,01	
	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	- 2.937	0,000418	-10,39	138,17	- 0,78	138,95	0,0747	6,60	
	- baricentro trave + soletta	- 496	0,000422	-10,69	126,61	- 0,90	127,51	0,0838	0,63	
	- baricentro sola trave	-18.908	0,000389	-10,16	94,98	- 1,07	96,05	0,1057	0,73	
	- attacco anima inferiore	-22.341	0,000258	- 6,88	55,17	- 0,85	56,02	0,1228	0,88	

SEZIONE: F		ΔT	S/y_b	$\Sigma \tau$	σ_n	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau^2}$	$k_g \beta = \frac{\sigma_c}{\tau}$	$A_{st} = \frac{\tau \cdot b \cdot l \cdot \sigma_{all}}{\sigma_{all}}$	A_{st}
Fase	Fibra	kg	cm ⁻²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		cm ² /m	n°/m
a	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	7.580	0,000342	6,04	59,08	- 0,61	59,69	0,1011	0,50	
	- baricentro trave + soletta	294	0,000406	7,17	65,67	- 0,77	66,44	0,1079	0,63	
	- baricentro sola trave	9.781	0,000478	8,44	83,32	- 0,85	84,17	0,1002	0,69	
	- attacco anima inferiore	17.655	0,000360	6,36	104,89	- 0,38	105,27	0,0604	0,31	
c	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	-5.250	0,000342	2,18	56,66	- 0,08	56,74	0,0383	0,07	
	- baricentro trave + soletta	- 244	0,000406	2,59	63,91	- 0,10	64,01	0,0404	0,09	
	- baricentro sola trave	-5.785	0,000478	3,05	83,32	- 0,11	83,43	0,0365	0,09	
	- attacco anima inferiore	-11.279	0,000360	2,30	107,05	- 0,05	107,10	0,0214	0,04	
f	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore	9.812	0,000342	5,54	58,76	- 0,52	59,28	0,0934	0,42	
	- baricentro trave + soletta		0,000406	6,57	65,44	- 0,65	66,09	0,0993	0,53	
	- baricentro sola trave		0,000478	7,74	83,32	- 0,71	84,03	0,0921	0,58	
	- attacco anima inferiore		0,000360	5,83	105,18	- 0,32	105,50	0,0552	0,26	
g	- contatto trave soletta	2.937	0,000126	5,86					13,58	
	- attacco anima superiore	4.982	0,000416	24,81	111,15	- 5,29	116,44	0,2130	4,32	
	- baricentro trave + soletta	44.278	0,000420	26,03	107,54	- 5,97	113,51	0,2293	4,88	
	- baricentro sola trave	46.323	0,000389	25,76	97,88	- 6,37	104,25	0,2471	5,21	
	- attacco anima inferiore		0,000257	17,73	86,07	- 3,51	89,58	0,1979	2,87	
h	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore									
	- baricentro trave + soletta									
	- baricentro sola trave									
	- attacco anima inferiore									
i	- contatto trave soletta									
	- attacco anima superiore									
	- baricentro trave + soletta									
	- baricentro sola trave									
	- attacco anima inferiore									

SEZIONE: G		ΔT	S/γ_b	$\Sigma \tau$	σ_n	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4\tau^2}$	$\sigma_c = \frac{\sigma_n}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4\tau^2}$	$k_g B = \frac{\sigma_c}{\tau}$	$A_{st} = \frac{\pi \cdot b \cdot x_0 \cdot l_0}{E_s}$	A_{st}
Fase	Fibra	kg	cm ⁻²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		cm ² /m	m ² /m
a	- contatto trave soletta - attacco anima superiore - baricentro trave + soletta - baricentro sola trave - attacco anima inferiore	7.829 294 10.011 <u>18.134</u>	0,000227 0,000306 0,000349 0,000316	4,12 5,55 6,33 5,73	42,82 50,11 60,66 69,72	- 0,39 - 0,61 - 0,65 - 0,47	43,21 50,72 61,31 70,19	0,0953 0,1094 0,1032 0,0816	0,46 0,72 0,77 0,55	
c	- contatto trave soletta - attacco anima superiore - baricentro trave + soletta - baricentro sola trave - attacco anima inferiore	- 5.250 - 244 - 5.785 <u>-11.279</u>	"	1,56 2,10 2,39 2,17	41,68 49,44 60,66 70,31	- 0,06 - 0,09 - 0,09 - 0,07	41,74 49,53 60,75 70,38	0,0373 0,0423 0,0393 0,0308	0,07 0,10 0,11 0,08	
f	- contatto trave soletta - attacco anima superiore - baricentro trave + soletta - baricentro sola trave - attacco anima inferiore	10.072	"	3,85 5,18 5,91 5,35	42,66 50,02 60,66 69,81	- 0,34 - 0,53 - 0,57 - 0,41	43,00 50,55 61,23 70,22	0,0895 0,1024 0,0965 0,0761	0,41 0,63 0,67 0,48	
g	- contatto trave soletta - attacco anima superiore - baricentro trave + soletta - baricentro sola trave - attacco anima inferiore	- 2.937 5.114 45.017 <u>47.194</u>	0,000106 0,000285 0,000276 0,000229	5,00 17,30 18,93 16,16	92,19 84,79 74,08 64,87	- 3,14 - 4,09 - 4,56 - 3,80	95,33 88,88 78,64 68,67	0,1814 0,2144 0,2407 0,2353	13,40 3,71 5,38 4,49	84

11) ARMATURE PER LA CUCITURA DELLA SOLETTA SOTTO L'EFFETTO DELLA PRECOMPRESSIONE

Sezione B

Lo sforzo totale di scorrimento $S_s = \sigma_s A_s = [49 \cdot 4 \cdot 65,74 \cdot 260 \cdot 16 \cdot 72,05] = 312.596 \text{ kg}$

Si intende estesa con legge triangolare con massimo in corrispondenza della testata del cavo e valore nullo a m. 2,60 distanza poi all'interno

$$\text{pertanto } \tau_b (\text{medio}) = \frac{312.596}{260 \cdot 2} = 601,15 \text{ kg/cm}$$

$$\text{e l'area delle staffe e' } A_f = \frac{\tau \cdot b \cdot 100}{2.200} = 27,32 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Le tensioni tangenziali prodotte nella superficie di contatto trave - soletta dai carichi accidentali ($A_f = 20,08 \text{ cm}^2/\text{m}$) sono di segno opposto di quelle prodotte dalla messa in tensione dei cavi, pertanto si dimensiona l'armatura per il valore maggiore fra i due.

Si arma la trave lungo i primi 2,60 m. con $10 \cdot 4 \phi 12 + 5 \times 8 \phi 8 + 4 \phi 24 = 183.216 \text{ kg} > 27,32 \cdot 2.200 \cdot 260/100 = 156.270 \text{ kg}$

Sezione G

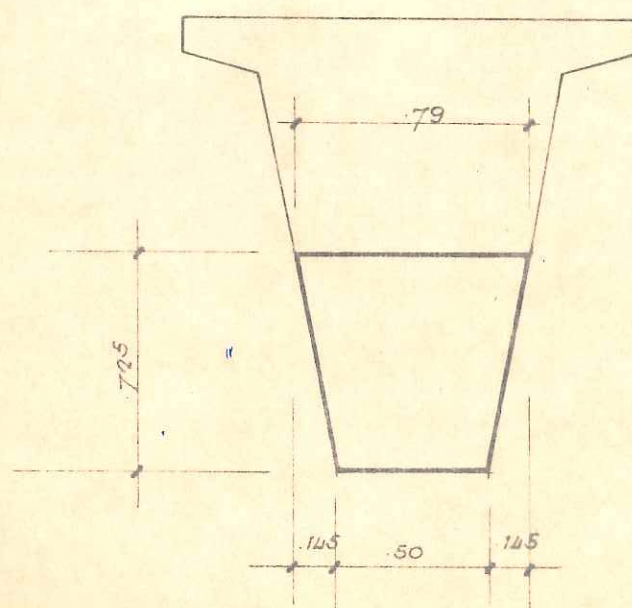
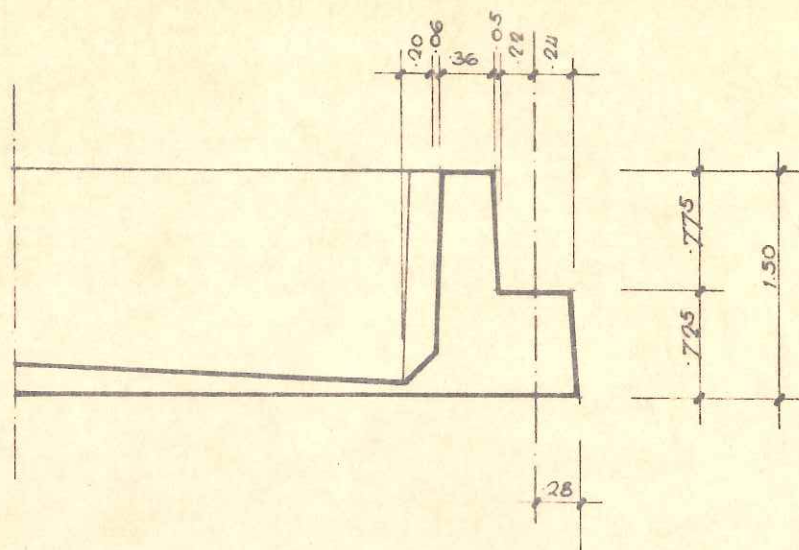
Lo sforzo di scorrimento e' $S_s = \sigma_s A_s = (59 \cdot 4 \cdot 65,22 + 260 \cdot 16 \cdot 71,25) = 311.800 \text{ kg}$

$$\text{pertanto } \tau_b (\text{medio}) = \frac{311.800}{260 \cdot 2} = 599,62 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{l'area delle staffe e' } A_{st} = \frac{\tau \cdot b \cdot 100}{2.200} = 27,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Le tensioni tangenziali prodotte in questa sezione nella superficie di contatto trave - soletta dai carichi accidentali ($A_{st} = 13,40 \text{ cm}^2/\text{m}$) sono dello stesso segno di quelle prodotte dalla messa in tensione dei cavi; pertanto si dimensiona l'armatura per il valore ottenuto accumulando i due, cioe' $A_{st} = 27,26 + 13,40 = 40,66 \text{ cm}^2/\text{m}$

$4 \cdot 4 \phi 12 + 13 \cdot 4 \phi 12 + 4 \cdot 2 \phi 24 = 248.600 \text{ kg} > 40,66 \cdot 2.200 \cdot 260/100 = 232.575 \text{ kg}$



Reazioni trave centrale

R = kg

- peso proprio trave	17.014
- peso soletta + traversi	19.538
- peso pavimentazione	9.517
- sovraccarichi accidentali	41.486
	<hr/>
	87.555 kg

Momento flettente $M = 87.555 \cdot 0,22 = 19.262 \text{ kgm}$ Sezione trapezia con $M = 72,5 \text{ cm}$ $b_o = 50 \text{ cm}$ $A' = A_f = 4 \phi 24 = 18,10 \text{ cm}^2$ $h = 68,5 \text{ cm}$ $h' = 5 \text{ cm}$

equazione dell'asse neutro

$$50 y^2 / 2 + 0,2 \cdot y^3 / 3 - m A_f (h - y) + m A'_f (y - 5) = 0$$

$$\text{e pertanto } 0,2 y^3 + 75 y^2 + 362 y - 38.100,5 = 0$$

$$\text{da cui } y = 19,80 \text{ cm} \quad b_x = 57,92 \text{ cm} \quad J = 603.419 \text{ cm}^4$$

Verifica al taglio

$$Z = \frac{T S_n}{J_i b} = \frac{87.555 \cdot 8.814,7}{603.419 \cdot 57,92} = 22,08 \text{ kg/cm}^2$$

Verifica a flessione

$$\sigma_c = \frac{M y}{J_i} = \frac{1.926.200 \cdot 19,80}{603.419} = 63,20 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{M (h - y) m}{J} = \frac{1.926.200 (68,5 - 19,8) \cdot 10}{603.419} = 1.555 \text{ kg/cm}^2$$

Lo sforzo di scorrimento su un metro e'

$$S = \tau b 100 = 22,08 \cdot 57,92 \cdot 100 = 127.887 \text{ kg}$$

Si adottano staffe $\emptyset 12/10$ a 4 braccia

n. 10 $\emptyset 12$ a 4 braccia assorbono

$$S_{st} = 10 \cdot 4,52 \cdot 2.200 = 99.440 \text{ kg}$$

$$S_{\text{residuo}} = 127.887 - 99.440 = 28.447 \text{ kg}$$

Ferri piegati a 45° 4 $\emptyset 24$

$$S_p = 18,10 \cdot 2.200 \sqrt{2} = 56.146 > 28.447 \text{ kg}$$

13) ARMATURA SOLETTA E TRAVERSI

Si tralasciano le verifiche della soletta e dei traversi che verranno armate come la campata centrale, soluzione chiaramente a favore di stabilit .

14) NORME TECNICHE E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

a - Calcestruzzo per travi in c.a.p. dosato a 400 kg. di cemento
525 kg/cm². classe 550

- diametro max inerti 30 mm
- rapporto acqua cemento 0,45
- resistenza a rottura a 28 gg. $\geq 550 \text{ kg/cm}^2$
- max compressione iniziale $167,93 \text{ kg/cm}^2$
- max compressione finale $207,38 \text{ kg/cm}^2$

b - Calcestruzzo per soletta in c.a.p. e traversi gettati in opera
dosato a 350 kg. di cemento 425 kg/cm². classe 400

- diametro max inerti 30 mm
- rapporto acqua cemento 0,45
- resistenza a rottura a 28 gg. $\geq 400 \text{ kg/cm}^2$
- max compressione longitudinale $88,86 \text{ kg/cm}^2$

c - Acciaio armonico per fili pretesi per trave in c.a.p. $\varnothing 1\frac{1}{2}$ "

- carico di rottura $\geq 18000 \text{ kg/cm}^2$
- tensione iniziale 13000 kg/cm^2
- tensione di esercizio massima 10346 kg/cm^2

d - Acciaio speciale ad aderenza migliorata per c.a.

- carico di snervamento $\geq 4400 \text{ kg/cm}^2$
- massima tensione di snervamento $\leq 2200 \text{ kg/cm}^2$

e - Acciaio armonico per cavi pos-tesi per solette in c.a.p. $24 \varnothing 7$

- carico di rottura $\geq 16500 \text{ kg/cm}^2$
- tensione iniziale $\leq 12000 \text{ kg/cm}^2$
- tensione di esercizio massima $\leq 9463 \text{ kg/cm}^2$